This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

3 3433 05775332 3

Die

Begründung der ersten Kenntnisse

in der

Physik

oder

mechanischen Naturlehre

für

Schule und Haus des Bürgerstandes.

Bearbeitet

von

Dr. Heinrich Birnbaum,

Oberlehrer an dem Gymnasium und der Bürgerknabenschule zu Helmstedt.

Mit zwei Steindrucktafeln.

Braunschweig.

Verlag von Oehme & Müller.

1841.

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
528463
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS.
R 1911 L

Vorrede.

Als es vor fünf Jahren für Zeit gemäß erachtet wurde, die hieſige Bürgerſchule von dem Gymnaſium zu trennen, um daraus eine ausſchließlich den bürgerlichen Zwecken entſprechende ſelbſtſtändige Lehranſtalt von vier Klaſſen zu begründen, ſo ward in den dazu erforderlichen ganz neuen Lehrplan auch ein anfangs nur für die obere Klaſſe beſtimmter, wöchentlich zweiſtündiger phyſikaliſcher Unterricht mit aufgenommen. Nach einer ſorgfältigen Berathung kam man darin überein, daß dieſer Unterricht eine gründliche, überall auf praktiſche Nützlichkeit berechnete Einleitung mehr in das Allgemeine als Beſondere der mechaniſchen Naturlehre ſein ſollte. Es waren hierbei Knaben in einem Alter von zwölf bis funfzehn Jahren vorauszuſetzen, welche im Durchſchnitt nach einem zwei bis dreijährigen Aufenthalte in der erſten Klaſſe die Schule verlaſſen und in's bürgerliche Leben übergehen. Der Kurſus in der Phyſik konnte, ſtreng genommen, nur

§.

Liter 7.
Luftarten 141. 142.
Luftballon 148.
Luftpumpe 42. 186.
Manometer 243.
Mariotte 243.
Marmor 96.
Masse 9.
Mastkorb 201.
Materie 5. Einl.
Material 5. Einl.
Meer 135.
Messing 95.
Meter 7.
Metzger 130.
Michaelisthurm z. H. 202.
Mobile perpetuum 199.
Mollet'sche Pumpe 209.
Momente d. B. d. H. 73.
Mostproben 144.
Munke 130.
Muschenbroek 111.
Nadel 125.
Nähnadel 31.
Naragansets 162.
Natürlich 4. Einl.
Natur 1. Einl. 2. Einl.
Naturbegebenheit 6. Einl.
Naturereigniß 6. Einl.
Naturerscheinung 6. Einl.
Naturgeschichte 10. Einl.
Naturgesetz 8. Einl.
Naturlehre 11. Einl. 2.
Naturphänomen 6. Einl. 1.
Naturwissenschaft 9. Einl.
Newton 81. 202.
Nollet 242. 243.
Obelisk 93.
Oben 182.
Oerstedt 242. 248.
Organe 5. Einl.
Osnabrück 169.
Ort 61.
Paolo Moccia 147.
Papinianische Topf 220.
Parallelepipedum 95.
Parallelogramm d. K. 76.
Passgänger 162.
Pendel 153.
Pendelschwingungen 194.
Pendeluhren 194.
Percussionsmaschine 259.
Perkins 242. 243. 248.
Pfeife, irdene 102.
Phänomen 6. Einl.
Phipps 24.
Physik 11. Einl.
Piezometer 243.
Pisa, Glockenthurm 169.

§.

Platina 94.
Porosität 39. 56.
Porphyr 96.
Presse, hydrostatische 245.
Pulshammer 188.
Purzelmännchen 178.
Quecksilber 53. 54. 244.
Reaumür 222.
Recipient 42.
Regen 223.
Regenbogen 8. Einl.
Regulator 225.
Reich 202.
Riccioliuß 185.
Rondelet 96.
Roßkunst z. S. 202.
Rothtanne 95.
Ruhe 62.
Sandstein 96.
Sauerstoff 142.
Saumthier 163.
Schall 5. Einl.
Schatten 5. Einl.
Schieberventil 225.
Schnellkraft 207.
Schnellwage 77.
Schubstange 228.
Schwefeläther 244.
Schwenter 93.
Schwere 81. 131.
Schwerpunkt 149.
Schwerspath 143.
Schwimmen 147.
Schwungrad 227.
Seewasser 135.
Seidencocon fäden 93.
Seifenblase 86.
Seiltänzer.
Sicherheitsventil 221.
Sieden 188.
Silberbaum 13.
Silberregen 52.
Sinne 1.
Sphallien 81.
Solwage 144.
Sommer, fliegender 36.
Spalding 23.
Spannkraft 207.
Specifisches Gewicht 134.
Spinnfaden 36. 93.
Springkolben 103.
Stahl 94. 97.
Statüe, Peters d. G. 9. 96.
Steineiche 95.
Stelzen 177.
Stickstoff 142.
Stopfbüchse 187.
Tanne 97.

§.

Tariren 135.
Taucherglocke 23.
Teig 49.
Theilbarkeit 25.
Thermometer 222.
Toledo 24.
Toricelli 186. 188. 223.
Torsionsfestigkeit 97.
Torsionskraft 260.
Trebgold.
Treppenläufer 178.
Uebernatürlich 4 Einl.
Uhr 64.
Undurchdringlichkeit 14.
Unnatürlich 4. Einl.
Unorganisch 5. Einl.
Unten 182.
Unterstützungsfläche 154.
Verasche Seilmaschine 109.
Verbinger 31.
Versuche 7. Einl.
Vertikalebene 151.
Verwandtschaft 129.
Verirbrunnen 213.
Vibration 205.
Vogelscheuche 173.
Volumen 8.
Volumenelasticität 207. 244.
Wagebalken, Wagschale 71.
Wasserstoff 142.
Watt, James 224.
Watt'sche Maschine 232.
Weinkäfer 216.
Weinproben 144.
Weißtannenholz 96.
Weltordnung 202.
Wetter, böse, schlagende 142.
Wetterglas 223.
Wesentlich 4. Einl.
Widernatürlich 4. Einl.
Wind 5. Einl.
Winkelhebel 73.
Wissenschaft 3. Einl.
Wissenschaftlich 4. Einl.
Wolff, Christian 38.
Wüppermännchen 172.
Würfel, falsche 172.
Zeit 64.
Zeuge, wollene 94.
Ziege 164.
Zimmermann 242.
Zinn 51. 94. 96.
Zucker 129.
Zugfestigkeit 90.
Zusammendrückbarkeit 207.

Einleitung.

§. 1.

Wenn wir uns Alles, was auf unsere Sinne einwirken kann, ne Eigenthum der Thätigkeit des Menschen zu sein, als ein zummengehöriges Ganze denken, so bilden wir uns den allgemeien Begriff Natur.

Der Himmel mit allen seinen Erscheinungen und Ereignissen zunächst als ein Theil der Natur zu betrachten, weil dabei von nem Eigenthume des Menschen die Rede sein kann. Eben so uß auch die ganze Erde und Alles, was auf, um und in ihr und geschieht, so weit dies nicht Werk des Menschen ist, mit r Natur gezählt werden. An einem besondern Beispiele lässt h das Ebengesagte noch genauer ins Licht stellen. Wir denken s daher einmal eine im Topfe gezogene Blume, und untersuchen bei, in wiefern dieselbe als Gegenstand der Natur zu betrachten , oder nicht. Das Leben und Wachsen der Blume, so wie e von dem Einflusse des Menschen unabhängige Gestalt, Lage d Größe sind Eigenthum der Natur. Daß die Blume aber im opfe wächst, und überhaupt durch das Einwirken des Menschen gezo- n worden ist, gehört nicht mit zur Natur. Der Topf, in dem eine he Blume wächst, ist dem größten Theile nach Eigenthum der ätigkeit des Menschen; er besitzt aber doch noch einen sehr wetlichen Antheil an der Natur. Er ist aus Thonerde durch Was- Luft und Feuer entstanden, also aus Stoffen und durch Einwirkun- , die sich der Mensch nicht als Eigenthum zuschreiben darf. — gleich nun Das, was der Mensch aus der Natur formt und daran ändert, dieser Form und Veränderung nach nicht mehr Natur so gehört er doch selbst, sowohl dem Körper, als dem Geiste

nach der Natur an, und ist sogar das wichtigste Glied derselben. Daß der Mensch lebt, daß sein Körper aus Knochen, Fleisch und Blut zusammengesetzt ist, daß er essen, trinken, schlafen, hören, sehen, riechen, schmecken, fühlen kann, sind z. B. Gaben, welche er als Geschenke der Natur ansehen muß. Und aus eben diesem Grunde gehören auch selbst Declamatoren, Schauspieler und Tänzer noch mit zur Natur, in so vielen anderen Eigenschaften sie auch davon ausgeschlossen sein mögen, ja man muß hier der Natur sogar noch die Möglichkeit zuschreiben, daß sich diese Künstler die Geschicklichkeit haben zu eigen machen können, nach erdichteten Empfindungen zu sprechen und die Mienen zu ändern, die Haltung und Bewegung des Körpers in einer so großen Gewalt ihres Willens zu haben. — Daß auch die Seele der Menschen und Thiere als ein Bestandtheil der Natur zu betrachten ist, beruhet nur in dem Einflusse, welchen sie auf den zugehörigen Körper auszuüben im Stande ist, und womit sie auf unsere Sinne einwirken kann. Wenn ein Apfel von einem Baume fällt, so nehmen wir keinen Anstand, sowohl die mit den Sinnen wahrzunehmende fallende Bewegung der Frucht, als auch die dabei wirkende, aber unsern Sinnen verborgene Ursache des Fallens, die Kraft der Schwere zur Natur zu rechnen. Sehen wir daher einen Reiter zu Pferde steigen und halten uns dabei überzeugt, daß die Ursache, wodurch er mit der Hand den Zügel ergreifen, den Fuß in den Steigbiegel setzen und den Körper aufs Pferd schwingen kann, in dem Einwirken des Geistes auf dem Körper liegt, so muß auch die Seele dieses Reiters mit zur Natur gezählt werden; denn sie wirkt mit Hülfe des menschlichen Körpers auf unsere Sinne ein, und kann auf keine Weise als ein Eigenthum der menschlichen Thätigkeit angesehen werden. — Zuweilen wird auch das Wort Natur im bildlichen Sinne gebraucht, so daß man von ihr, wie von einem vernünftigen Wesen, redet. Bei einem etwas verzögerten Frühjahre sagt man z. B.: »die Natur erwacht dieses Jahr ziemlich spät zur neuen Thätigkeit, sie schmückt eben erst Wiesen, Felder und Wald mit dem zarten frischen Grün, aber sie wendet dabei eine so verstärkte Kraft an, daß sie das Versäumte recht bald wieder nachholen wird.« In dieser Beziehung bedeutet Natur fast eben so viel als Gott, der Schöpfer, Erhalter und Regierer der Welt.

§. 2.

Fassen wir die sämmtlichen Eigenschaften, wonach irgend ein Gegenstand als Theil der Natur im Allgemeinen anzusehen ist, in n für sich bestehendes Ganze zusammen, so erhalten Wir dadurch n besondern Begriff der Natur dieses Gegenstandes.

Man spricht von der Natur des Wassers und stellt sich darter die sämmtlichen Eigenschaften vor, nach denen das Wasser s ein Theil der Natur im Allgemeinen angesehen werden kann. uweilen versteht man auch nur solche Eigenschaften unter der bendern Natur eines Gegenstandes, wodurch sich dieser von anderen hnlichen unterscheidet. So redet z. B. ein Reiter von der Natur eines Pferdes, wenn er sagt: »Mein Pferd ist ungewöhnlich usdauernd, aber es ist gar zu leicht scheu und wirft dann gern .« Rühmt der Jäger die feine Nase seines Hundes, so bestimmt dadurch die Natur dieses Thieres. — Es gibt auch eine geistige nd eine sinnliche Natur, je nachdem man sich dabei bloß auf das eistige, das ist auf Gott und auf die Seele der Menschen und hiere, oder auf das Nichtgeistige bezieht. — Sehr häufig ist wischen Natur und Wesen eines Gegenstandes gar kein Unterschied, amentlich da nicht, wo man sich überzeugt hält, daß die Eigenhaften, welche wir durch Hülfe unserer Sinne an dem Gegenande wahrnehmen, diesem Gegenstande ohne Einwirkung des Menhen eigen und nothwendig sind. Indeß dürfen diese beiden Wörr doch nicht immer für ganz gleichbedeutend gehalten werden; so esteht das Wesen einer Thurmglocke in allen Eigenschaften, welche ch daran als unumgänglich nothwendig denken lassen, dagegen beeht die Natur derselben nur in den Eigenschaften, welche dabei icht Eigenthum menschlicher Thätigkeit sind, und es gehört z. B. e Form der Glocke wohl zu dem Wesen, aber nicht zur Natur rselben, während die Zierrathen und Inschriften weder zur Natur, ch zum Wesen der Glocke gerechnet werden können.

§. 3.

Läßt sich bei Dem, was nicht zur Natur gehört, eine durch bung erworbene körperliche oder geistige Fertigkeit des Menschen chweisen, so bekommt es den Namen Kunst oder Wissenschaft.

Viele Beschäftigungen der Menschen führen schon an sich

ſelbe abſichtlich in einen andern Zuſtand verſetzen, um dadurch die Eigenſchaften und Wirkungen eines Naturphänomens zu erkennen, nachzuweiſen und zu beſtätigen.

Sind wir z. B. aufmerkſam auf das Maiblümchen im Walde, und merken uns die Umſtände, unter welchen es in der freien Natur ohne unſere Beihülfe wächſt und zur Blüthe kommt, ſo ſammeln wir durch Beobachtung Erfahrungen ein. Bemühen wir uns dagegen, dies Gewächs in dem Garten zu ziehen, zu veredeln, oder im Winter durch Stubenwärme im Topfe zu treiben, ſo ſammeln wir durch Verſuche Erfahrungen ein, welche zum Theil ganz neu ſind, zum Theil aber die früheren durch Beobachtung gewonnenen noch mehr beſtätigen und als wahr erkennen laſſen. Zum Prüfen, Erkennen und Benutzen der Natur gehören Verſuche, daher die große Wichtigkeit derſelben bei der Begründung und Erweiterung unſerer Kenntniſſe in der Natur. Experiment bedeutet ziemlich daſſelbe, was man unter Verſuch verſteht, nur knüpft ſich ſehr leicht noch die Idee der Beluſtigung daran, weil die Taſchenſpieler ihre Kunſtſtücke ebenfalls mit dieſem Namen zu benennen pflegen.

§. 8.

Die Regeln, welche wir bei den Phänomenen der Natur mit Hülfe der Beobachtungen und Verſuche erkennen und beſtätigen, heißen Naturgeſetze.

Wir wiſſen z. B. aus Erfahrung, daß der Regenbogen am Himmel nie anders zum Vorſchein kommt, als wenn beim Regnen zugleich die unverhüllte Sonne ſcheint, und der Beobachter ſich zwiſchen der regnenden Wolke und der Sonne befindet. Dieſe der Erfahrung entnommene Regel heißt Naturgeſetz. Bezieht ſich ein ſolches Geſetz nicht bloß auf einen Gegenſtand der Natur, ſondern ohne Ausnahme auf eine ganze Abtheilung, oder auf die ganze Natur, ſo heißt es innerhalb der Grenzen dieſer Abtheilung oder ganz ohne Grenzen — allgemein. Es iſt z. B. ein allgemeines Geſetz aller lebenden Geſchöpfe, daß ſie ſterben müſſen, ſobald ſie der Nahrung gänzlich entbehren ſollen.

§. 9.

Eine zweckmäßig geordnete Sammlung unserer Kenntnisse über e Eigenschaften, Ursachen und Gesetze der Naturphänomene heißt *t a t u r w i s s e n s c h a f t.*

Eigentlich sollte Alles, was die Menschen von der Natur wis= n, in einen systematischen Zusammenhang gebracht, mit dem all=emeinen Namen Naturwissenschaft belegt worden sein; indeß ist das enschliche Wissen gerade in dem Gebiete der Natur so vielseitig nd so unendlich weit ausgedehnt, daß es für einen Menschen rein nmöglich wird, sich eine solche Riesenwissenschaft zu eigen zu ma=hen. Aus diesem Grunde und besonders um den mannigfaltigen Bedürfnissen der Menschen bei Benutzung der Natur zu praktischen und wissenschaftlichen Zwecken gehörig genügen zu können, so hat man zweckmäßige Abtheilungen der allgemeinen Naturwissenschaft selbst wieder zu Naturwissenschaften erhoben. Es beschränkt sich z. B. die Naturwissenschaft des Arztes hauptsächlich auf den menschli=chen Körper und auf solche Stoffe aus der Natur, welche zur Heilung und Verhütung der Krankheiten in Anwendung kommen können. Der Berg= und Hüttenmann sammelt sich auch eine Naturwissenschaft, aber nur in so weit diese zum Auffinden und Gewinnen der für den Menschen wichtigen Mineralien nöthig wer=den möchte. So suchen sich die Menschen für ihre verschiedenen Wirkungskreise das Wissenswürdigste aus der ganzen Naturwis=senschaft heraus, sehen dieses als ein ihnen genügendes Ganze an und geben ihm den selbstständigen Namen Naturwissenschaft. Von den Naturwissenschaften, welche als solche wirklich anerkannt sind, wollen wir uns nur die in den folgenden Paragraphen näher besprochenen merken.

§. 10.

Die Phänomene zu benennen, ihre wesentlichen Eigenschaften zu beschreiben und danach zu ordnen, ist das Hauptgeschäft der *N a t u r g e s c h i c h t e.*

Nach dieser allgemeinen Erklärung gehörte Luft, Wärme, Licht und die hierdurch veranlassten Phänomene auch noch mit zur Naturgeschichte; indeß macht man doch hiervon eine Ausnahme, weil sich die anderen Naturwissenschaften, welche diese Gegenstände

zu erklären suchen, das Benennen und Beschreiben derselben nic
gern nehmen lassen. Man ist überhaupt gewohnt, solche Phän
mene von der Naturgeschichte auszuschließen, welche wohl die E
genschaft der Materie, aber nicht zugleich die des Körpers b
sitzen. (§. 5.)

§. 11.

Die Phänomene der Natur zu erklären, das heißt, die E
genschaften, Ursachen und Gesetze derselben nachzuweisen, so we
dies durch Beobachtung und Versuche möglich ist, macht das Haup
geschäft der Naturlehre aus.

Man theilt die hierzu gehörenden Arbeiten wieder ein in d
mechanische Naturlehre oder Pyhsik und in die Chemie, je nachde
die zu erklärenden Phänomene sich mehr auf die äußern oder mel
auf die innern Eigenschaften und Wirkungen der Materie beziehe
Die äußern oder mechanischen Eigenschaften der Materie sind ab
solche, welche die Materie für unser Gesicht, Gehör und Gefü
besitzt und unveränderlich beibehält, wenn sie für sich allein ob
in Verbindung mit anderen thätig wird. Es sieht z. B. ein i
klares Wasser getauchter Stab aus, als wäre er an der Obe
fläche des Wassers eingeknickt. Die Erklärung von diesem Phän
men bezieht sich auf die äußern Eigenthümlichkeiten des Wasser
nämlich auf die Durchsichtigkeit desselben und auf das Ablenken d
hindurch fahrenden Lichtstrahlen von ihrer ursprünglichen Bahn. D
Materien des Wassers, des Stabes und des Lichtes bleiben b
ihrem Zusammenkommen unverändert dieselben. Daß sich ab
im Wasser Zucker auflösen lässt, ist ein Phänomen, welches d
Chemie angehört; denn das Ineinandergehen beider Materien z
einer neuen hat seinen Grund in den inneren Eigenschaften d
Materie.

§. 12.

Ein Naturphänomen nehmen wir als erklärt an, wenn i
dasselbe veranlassenden Ursachen auf so wenig wie möglich einfac
allgemein als wahr anerkannte Naturgesetze zurückgeführt worden si

Um hierzu ein Beispiel zu haben, dessen Erklärung innerh
der Grenzen unserer durch Erfahrung erworbenen Kenntnisse lie

o wollen wir uns folgende Frage zur Beantwortung vorlegen: Woher kommt es, daß bei der Explosion eines Pulvermagazins in en nahegelegenen Häusern die zertrümmerten Fensterscheiben fast nie ins Innere der Zimmer, sondern immer nach Außen hingetrieben werden? Man darf bei der Erklärung dieses überraschenden Phänomens zunächst als bekannt voraussetzen, daß die durch Feuer erwärmte Luft ein Bestreben hat, sich über kältere Luftschichten zu erheben. Zur Bestätigung dieses Naturgesetzes erinnere man sich nur an das Emporsteigen der wärmeren Luft in einem eingeheizten etwas hohen Zimmer, wobei man sich durch das bloße Gefühl überzeugen kann, daß oben an der Decke die Luft viel wärmer ist, als unten am Fußboden; oder auch daran, daß bei einer Lichtflamme die gerade darüber befindliche erhitzte Luft so stark in die Höhe treibt, daß ein in die Nähe gebrachter leichter Faden von diesem Luftzuge mit emporgerissen wird. Das Feuer der Explosion erhitzt nun eben so plötzlich, wie es selbst entsteht, die nächste Luft, mit der es in Berührung kommt, und treibt dieselbe in eben dem Augenblicke in höhere Regionen. Der dadurch entstandene luftleere Raum wird von dem Herbeiströmen der angrenzenden Luft wieder ausgefüllt. Ist nun innerhalb dieses Stromes Luft in einem Zimmer eingeschlossen, so wird diese vermöge ihrer Ausdehnsamkeit dadurch, daß die äußere Luft nach dem Orte der Explosion entweicht, plötzlich weniger stark von Außen nach Innen, als umgekehrt von Innen nach Außen gedrückt. Ist nun diese überwiegende Kraft von Innen nach Außen so stark, daß sie die Fensterscheiben des Zimmers zertrümmern kann, so ist es natürlich, daß auch die Trümmern der Richtung der freiwerdenden Luft nach Außen hin folgen müssen. — Dürfte man hier schon die Luftpumpe als bekannt voraussetzen, so ließe sich das eben erklärte Phänomen im Kleinen, wenigstens seinen wesentlichen Momenten nach, wiedergeben. Hängt man nämlich in die Glocke einer Luftpumpe eine nicht sehr stark mit Luft angefüllte thierische Blase, und zieht die Luft aus der Glocke, so sieht man schon bei dem ersten Zuge der Pumpe, wie die in der Blase abgesperrte Luft ein Bestreben äußert, zu entweichen, welches bei jedem neuen Zuge stärker wird, bis der ganze Versuch damit endigt, daß die Blase zerplatzt. Die Funktionen der Explosion selbst übernimmt dann der bei jedem Zuge luftleere Raum des Stiefels der Luft-

nach der Natur an, und ist sogar das wichtigste Glied derselben. Daß der Mensch lebt, daß sein Körper aus Knochen, Fleisch und Blut zusammengesetzt ist, daß er essen, trinken, schlafen, hören, sehen, riechen, schmecken, fühlen kann, sind z. B. Gaben, welche er als Geschenke der Natur ansehen muß. Und aus eben diesem Grunde gehören auch selbst Declamatoren, Schauspieler und Tänzer noch mit zur Natur, in so vielen anderen Eigenschaften sie auch davon ausgeschlossen sein mögen, ja man muß hier der Natur sogar noch die Möglichkeit zuschreiben, daß sich diese Künstler die Geschicklichkeit haben zu eigen machen können, nach erdichteten Empfindungen zu sprechen und die Mienen zu ändern, die Haltung und Bewegung des Körpers in einer so großen Gewalt ihres Willens zu haben. — Daß auch die Seele der Menschen und Thiere als ein Bestandtheil der Natur zu betrachten ist, beruhet nur in dem Einflusse, welchen sie auf den zugehörigen Körper auszuüben im Stande ist, und womit sie auf unsere Sinne einwirken kann. Wenn ein Apfel von einem Baume fällt, so nehmen wir keinen Anstand, sowohl die mit den Sinnen wahrzunehmende fallende Bewegung der Frucht, als auch die dabei wirkende, aber unsern Sinnen verborgene Ursache des Fallens, die Kraft der Schwere zur Natur zu rechnen. Sehen wir daher einen Reiter zu Pferde steigen und halten uns dabei überzeugt, daß die Ursache, wodurch er mit der Hand den Zügel ergreifen, den Fuß in den Steigbügel setzen und den Körper aufs Pferd schwingen kann, in dem Einwirken des Geistes auf dem Körper liegt, so muß auch die Seele dieses Reiters mit zur Natur gezählt werden; denn sie wirkt mit Hülfe des menschlichen Körpers auf unsere Sinne ein, und kann auf keine Weise als ein Eigenthum der menschlichen Thätigkeit angesehen werden. — Zuweilen wird auch das Wort Natur im bildlichen Sinne gebraucht, so daß man von ihr, wie von einem vernünftigen Wesen, redet. Bei einem etwas verzögerten Frühjahr sagt man z. B.: »die Natur erwacht dieses Jahr ziemlich spät zur neuen Thätigkeit, sie schmückt eben erst Wiesen, Felder und Wald mit dem zarten frischen Grün, aber sie wendet dabei eine so verstärkte Kraft an, daß sie das Versäumte recht bald wieder nachholen wird.« In dieser Beziehung bedeutet Natur fast eben so viel als Gott, der Schöpfer, Erhalter und Regierer der Welt.

§. 2.

Fassen wir die sämmtlichen Eigenschaften, wonach irgend ein genstand als Theil der Natur im Allgemeinen anzusehen ist, in für sich bestehendes Ganze zusammen, so erhalten Wir dadurch besondern Begriff der Natur dieses Gegenstandes.

Man spricht von der Natur des Wassers und stellt sich dar- er die sämmtlichen Eigenschaften vor, nach denen das Wasser ein Theil der Natur im Allgemeinen angesehen werden kann. weilen versteht man auch nur solche Eigenschaften unter der be- dern Natur eines Gegenstandes, wodurch sich dieser von anderen lichen unterscheidet. So redet z. B. ein Reiter von der Natur nes Pferdes, wenn er sagt: »Mein Pferd ist ungewöhnlich dauernd, aber es ist gar zu leicht scheu und wirft dann gern « Rühmt der Jäger die feine Nase seines Hundes, so bestimmt dadurch die Natur dieses Thieres. — Es gibt auch eine geistige eine sinnliche Natur, je nachdem man sich dabei bloß auf das istige, das ist auf Gott und auf die Seele der Menschen und iere, oder auf das Nichtgeistige bezieht. — Sehr häufig ist schen Natur und Wesen eines Gegenstandes gar kein Unterschied, nentlich da nicht, wo man sich überzeugt hält, daß die Eigen- ften, welche wir durch Hülfe unserer Sinne an dem Gegen- de wahrnehmen, diesem Gegenstande ohne Einwirkung des Men- n eigen und nothwendig sind. Indeß dürfen diese beiden Wör- doch nicht immer für ganz gleichbedeutend gehalten werden; so eht das Wesen einer Thurmglocke in allen Eigenschaften, welche daran als unumgänglich nothwendig denken lassen, dagegen be- t die Natur derselben nur in den Eigenschaften, welche dabei t Eigenthum menschlicher Thätigkeit sind, und es gehört z. B. Form der Glocke wohl zu dem Wesen, aber nicht zur Natur elben, während die Zierrathen und Inschriften weder zur Natur, h zum Wesen der Glocke gerechnet werden können.

§. 3.

Läßt sich bei Dem, was nicht zur Natur gehört, eine durch ung erworbene körperliche oder geistige Fertigkeit des Menschen weisen, so bekommt es den Namen Kunst oder Wissenschaft. Viele Beschäftigungen der Menschen führen schon an sich

den Namen Kunst bei sich, wie z. B. die Bildhauerei, Malerei, Musik, das Tanzen, Fechten, Reiten, Schwimmen u. s. w., aber auch alle Handwerke und die meisten Gewerbe gehören zur Kunst, obgleich es nicht Sitte ist, sie als solche zu benennen. Die Feder, mit der ich schreibe, ist ein Gegenstand der Kunst, sobald man darauf Rücksicht nimmt, daß ihr Kiel gezogen und geschnitten ist. Das Buch, in dem ich lese, ist zum Theil Eigenthum der Wissenschaft, zum Theil aber auch Eigenthum der Kunst; denn sein Inhalt gehört der geistigen Geschicklichkeit des Menschen, und Druck, Papier und Einband gehören der körperlichen Fertigkeit des Menschen an. Aus diesen Beispielen ersieht man zugleich, daß Wissenschaft und Kunst eben so wenig von einander zu trennen sind, wie der Geist eines Menschen von seiner körperlichen Thätigkeit, und daß bei keiner Wissenschaft die Kunst, wie bei keiner Kunst die Wissenschaft, entbehrt werden kann. Will z. B. ein Bildhauer eine Statue formen, so muß er sich außer der dazu nöthigen körperlichen Gewandtheit, welche er ebenfalls nicht ohne Hülfe seines Geistes erlangen konnte, auch noch die gehörigen Kenntnisse von dem Bau und der Haltung der darzustellenden Figur verschaffen; er muß wissen, welcher Stein, welches Holz, Erz u. s. w. sich am besten zu seinem Kunstwerke eignet, und wie sich dieses Material am zweckmäßigsten behandeln läßt.

§. 4.

Durch Hülfe der vorhergehenden §§. läßt sich nun auch die Bedeutung einiger Eigenschaftswörter feststellen, welche in der Folge zuweilen in Anwendung kommen werden. Was den Eigenschaften und Wirkungen der Natur anpassend ist, wird **natürlich** genannt. Es ist z. B. natürlich, daß ich die Augen schließe, sobald ich schlafe, oder bemerke, daß sie von irgend einer Gefahr bedrohet werden. Wenn aber Etwas den Eigenschaften und Wirkungen der Natur und ihren Wirkungen nicht anpassend ist, oder ihnen gar widerstreitet, dabei aber doch noch nicht außerhalb der Grenze der Möglichkeit liegt, so heißt dies **unnatürlich** oder **widernatürlich**. Ein immerwährendes Auf- und Niederschlagen der Augenlieder wäre unnatürlich, so wie ein ununterbrochenes Offenstehen der Augen eines schlafenden Menschen widernatürlich genannt wer-

den müſſte. Uebernatürlich ſind die Annahmen ſolcher Eigenſchaften und Wirkungen in der Natur, welche nach menſchlicher Einſicht die Grenzen der Möglichkeit überſteigen. Es iſt z. B. übernatürlich, ſich einen lebenden Menſchen in einem Alter von drei tauſend Jahren zu denken. Zuweilen bekommt auch die geiſtige Natur den Beinamen übernatürlich; ſo ſagt man z. B. von der Seele des Menſchen, daß ſie ein übernatürliches Weſen ſei. Wunderbar nennen wir in der Natur Das, von dem wir eine überraſchende Wirkung wahrnehmen, und dabei nicht im Stande ſind, die erklärenden Urſachen angeben oder begreifen zu können. Es iſt wunderbar, daß das in die beſtellte Erde gelegte Samenkorn keimt, wächſt und wieder Früchte trägt, weil wir die Urſache dieſer Thätigkeit der Natur nicht begreifen können, und weil uns eine ſolche, für das Wohl der Menſchen ſo wichtige Sache überraſcht und in Staunen ſetzt, ſobald wir unſere Aufmerkſamkeit darauf lenken. Weſentlich ſind ſolche Eigenſchaften, welche bei einem Gegenſtande der Natur, Kunſt und Wiſſenſchaft als unentbehrlich erachtet werden. Es beſtehen z. B. die weſentlichen Eigenſchaften der Sonnenſtrahlen darin, daß ſie erleuchten, erwärmen und das Leben und Gedeihen aller Menſchen, Thiere und Pflanzen unterſtützen. Eingang und Wege ſind einem Garten eben ſo weſentlich, wie Hecke, Stacket oder irgend eine andere begrenzende Einfaſſung. Die Eigenſchaften oder Gegenſtände, welche in ihren Hauptſachen der Kunſt oder Wiſſenſchaft angehören, werden künſtlich oder wiſſenſchaftlich genannt. Die Bewegungen und Sprünge eines Seiltänzers ſind künſtlich, während die gründlichen Erklärungen derſelben wiſſenſchaftlich genannt werden können.

§. 5.

Den Stoff zur ſinnlichen Natur nennt man Materie, und jede im Raume ſelbſtſtändig begrenzte Materie heißt dem zugehörigen Raume und der Form nach Körper.

Waſſer, Erde, Luft, Holz, Stein, Metall, Fleiſch, Knochen, Haare u. ſ. w. ſind ihrem inneren Weſen, oder dem Stoffe nach Materie. Die im Raume begrenzte Materie, woraus Thiere, Pflanzen, Mineralien geſchaffen ſind, heißt in Bezug auf Raum und Form Körper. Bei Waſſer, Luft, Licht, Wärme und ähn-

selbe absichtlich in einen andern Zustand versetzen, um dadurch die Eigenschaften und Wirkungen eines Naturphänomens zu erkennen, nachzuweisen und zu bestätigen.

Sind wir z. B. aufmerksam auf das Maiblümchen im Walde, und merken uns die Umstände, unter welchen es in der freien Natur ohne unsere Beihülfe wächst und zur Blüthe kommt, so sammeln wir durch Beobachtung Erfahrungen ein. Bemühen wir uns dagegen, dies Gewächs in dem Garten zu ziehen, zu veredeln, oder im Winter durch Stubenwärme im Topfe zu treiben, so sammeln wir durch Versuche Erfahrungen ein, welche zum Theil ganz neu sind, zum Theil aber die früheren durch Beobachtung gewonnenen noch mehr bestätigen und als wahr erkennen lassen. Zum Prüfen, Erkennen und Benutzen der Natur gehören Versuche, daher die große Wichtigkeit derselben bei der Begründung und Erweiterung unserer Kenntnisse in der Natur. Experiment bedeutet ziemlich dasselbe, was man unter Versuch versteht, nur knüpft sich sehr leicht noch die Idee der Belustigung daran, weil die Taschenspieler ihre Kunststücke ebenfalls mit diesem Namen zu benennen pflegen.

§. 8.

Die Regeln, welche wir bei den Phänomenen der Natur mit Hülfe der Beobachtungen und Versuche erkennen und bestätigen, heißen Naturgesetze.

Wir wissen z. B. aus Erfahrung, daß der Regenbogen am Himmel nie anders zum Vorschein kommt, als wenn beim Regnen zugleich die unverhüllte Sonne scheint, und der Beobachter sich zwischen der regnenden Wolke und der Sonne befindet. Diese der Erfahrung entnommene Regel heißt Naturgesetz. Bezieht sich ein solches Gesetz nicht bloß auf einen Gegenstand der Natur, sondern ohne Ausnahme auf eine ganze Abtheilung, oder auf die ganze Natur, so heißt es innerhalb der Grenzen dieser Abtheilung oder ganz ohne Grenzen — allgemein. Es ist z. B. ein allgemeines Gesetz aller lebenden Geschöpfe, daß sie sterben müssen, sobald sie der Nahrung gänzlich entbehren sollen.

§. 9.

Eine zweckmäßig geordnete Sammlung unserer Kenntniſſe über Eigenſchaften, Urſachen und Geſetze der Naturphänomene heißt
ıturwiſſenſchaft.

Eigentlich ſollte Alles, was die Menſchen von der Natur wiſ=
, in einen ſyſtematiſchen Zuſammenhang gebracht, mit dem all=
reinen Namen Naturwiſſenſchaft belegt worden ſein; indeß iſt das
ıſchliche Wiſſen gerade in dem Gebiete der Natur ſo vielſeitig
) ſo unendlich weit ausgedehnt, daß es für einen Menſchen rein
nöglich wird, ſich eine ſolche Rieſenwiſſenſchaft zu eigen zu ma=
ı. Aus dieſem Grunde und beſonders um den mannigfaltigen
dürfniſſen der Menſchen bei Benutzung der Natur zu praktiſchen
) wiſſenſchaftlichen Zwecken gehörig genügen zu können, ſo hat
n zweckmäßige Abtheilungen der allgemeinen Naturwiſſenſchaft
ſt wieder zu Naturwiſſenſchaften erhoben. Es beſchränkt ſich z.
die Naturwiſſenſchaft des Arztes hauptſächlich auf den menſchli=
n Körper und auf ſolche Stoffe aus der Natur, welche zur
ilung und Verhütung der Krankheiten in Anwendung kommen
men. Der Berg= und Hüttenmann ſammelt ſich auch eine
ıturwiſſenſchaft, aber nur in ſo weit dieſe zum Auffinden und
winnen der für den Menſchen wichtigen Mineralien nöthig wer=
ı möchte. So ſuchen ſich die Menſchen für ihre verſchiedenen
irkungskreiſe das Wiſſenswürdigſte aus der ganzen Naturwiſ=
ſchaft heraus, ſehen dieſes als ein ihnen genügendes Ganze
und geben ihm den ſelbſtſtändigen Namen Naturwiſſenſchaft.
n den Naturwiſſenſchaften, welche als ſolche wirklich anerkannt
), wollen wir uns nur die in den folgenden Paragraphen näher
ırochenen merken.

§. 10.

Die Phänomene zu benennen, ihre weſentlichen Eigenſchaften
beſchreiben und danach zu ordnen, iſt das Hauptgeſchäft der
ıturgeſchichte.

Nach dieſer allgemeinen Erklärung gehörte Luft, Wärme,
ıt und die hierdurch veranlaſſten Phänomene auch noch mit zur
turgeſchichte; indeß macht man doch hiervon eine Ausnahme,
l ſich die anderen Naturwiſſenſchaften, welche dieſe Gegenſtände

zu erklären suchen, das Benennen und Beschreiben derselben nicht gern nehmen lassen. Man ist überhaupt gewohnt, solche Phänomene von der Naturgeschichte auszuschließen, welche wohl die Eigenschaft der Materie, aber nicht zugleich die des Körpers besitzen. (§. 5.)

§. 11.

Die Phänomene der Natur zu erklären, das heißt, die Eigenschaften, Ursachen und Gesetze derselben nachzuweisen, so weit dies durch Beobachtung und Versuche möglich ist, macht das Hauptgeschäft der Naturlehre aus.

Man theilt die hierzu gehörenden Arbeiten wieder ein in die mechanische Naturlehre oder Pyhsik und in die Chemie, je nachdem die zu erklärenden Phänomene sich mehr auf die äußern oder mehr auf die innern Eigenschaften und Wirkungen der Materie beziehen. Die äußern oder mechanischen Eigenschaften der Materie sind aber solche, welche die Materie für unser Gesicht, Gehör und Gefühl besitzt und unveränderlich beibehält, wenn sie für sich allein oder in Verbindung mit anderen thätig wird. Es sieht z. B. ein in klares Wasser getauchter Stab aus, als wäre er an der Oberfläche des Wassers eingeknickt. Die Erklärung von diesem Phänomen bezieht sich auf die äußern Eigenthümlichkeiten des Wassers, nämlich auf die Durchsichtigkeit desselben und auf das Ablenken der hindurch fahrenden Lichtstrahlen von ihrer ursprünglichen Bahn. Die Materien des Wassers, des Stabes und des Lichtes bleiben bei ihrem Zusammenkommen unverändert dieselben. Daß sich aber im Wasser Zucker auflösen lässt, ist ein Phänomen, welches der Chemie angehört; denn das Ineinandergehen beider Materien zu einer neuen hat seinen Grund in den inneren Eigenschaften der Materie.

§. 12.

Ein Naturphänomen nehmen wir als erklärt an, wenn die dasselbe veranlassenden Ursachen auf so wenig wie möglich einfache, allgemein als wahr anerkannte Naturgesetze zurückgeführt worden sind.

Um hierzu ein Beispiel zu haben, dessen Erklärung innerhalb der Grenzen unserer durch Erfahrung erworbenen Kenntnisse liegt,

o wollen wir uns folgende Frage zur Beantwortung vorlegen: Woher kommt es, daß bei der Explosion eines Pulvermagazins in den nahegelegenen Häusern die zertrümmerten Fensterscheiben fast nie ins Innere der Zimmer, sondern immer nach Außen hingetrieben werden? Man darf bei der Erklärung dieses überraschenden Phänomens zunächst als bekannt voraussetzen, daß die durch Feuer erwärmte Luft ein Bestreben hat, sich über kältere Luftschichten zu erheben. Zur Bestätigung dieses Naturgesetzes erinnere man sich nur an das Emporsteigen der wärmeren Luft in einem eingeheizten etwas hohen Zimmer, wobei man sich durch das bloße Gefühl überzeugen kann, daß oben an der Decke die Luft viel wärmer ist, als unten am Fußboden; oder auch daran, daß bei einer Lichtflamme die gerade darüber befindliche erhitzte Luft so stark in die Höhe treibt, daß ein in die Nähe gebrachter leichter Faden von diesem Luftzuge mit emporgerissen wird. Das Feuer der Explosion erhitzt nun eben so plötzlich, wie es selbst entsteht, die nächste Luft, mit der es in Berührung kommt, und treibt dieselbe in eben dem Augenblicke in höhere Regionen. Der dadurch entstandene luftleere Raum wird von dem Herbeiströmen der angrenzenden Luft wieder ausgefüllt. Ist nun innerhalb dieses Stromes Luft in einem Zimmer eingeschlossen, so wird diese vermöge ihrer Ausdehnsamkeit dadurch, daß die äußere Luft nach dem Orte der Explosion entweicht, plötzlich weniger stark von Außen nach Innen, als umgekehrt von Innen nach Außen gedrückt. Ist nun diese überwiegende Kraft von Innen nach Außen so stark, daß sie die Fensterscheiben des Zimmers zertrümmern kann, so ist es natürlich, daß auch die Trümmern der Richtung der freiwerdenden Luft nach Außen hin folgen müssen. — Dürfte man hier schon die Luftpumpe als bekannt voraussetzen, so ließe sich das eben erklärte Phänomen im Kleinen, wenigstens seinen wesentlichen Momenten nach, wiedergeben. Hängt man nämlich in die Glocke einer Luftpumpe eine nicht sehr stark mit Luft angefüllte thierische Blase, und zieht die Luft aus der Glocke, so sieht man schon bei dem ersten Zuge der Pumpe, wie die in der Blase abgesperrte Luft ein Bestreben äußert, zu entweichen, welches bei jedem neuen Zuge stärker wird, bis der ganze Versuch damit endigt, daß die Blase zerplatzt. Die Funktionen der Explosion selbst übernimmt dann der bei jedem Zuge luftleere Raum des Stiefels der Luft-

pumpe; die nahegelegene Luft, welche nach dem Orte der Explosion strömt, ist die Luft in der Glocke, und die im Zimmer abgesperrte Luft befindet sich bei diesem Experimente in der Blase.

§. 13.

Es ist nothwendig, daß man bei dem Erklären der Naturphänomene so viel als möglich die Erfahrung zu Hülfe ruft, und daß man sich dabei an eine durch feste Regeln bestimmte Methode gewöhne, welche fortwährend daran erinnert, wie man den Weg zur Wahrheit auffinden und sich darauf erhalten kann. Hiernach muß man es sich vor Allen zur Regel machen, eine jede Erklärung ungezwungen, einfach und allgemein verständlich auftreten zu lassen, und dieselbe nur auf solche Ursachen zu stützen, welche nach dem Bedürfnisse der Deutlichkeit für nothwendig und hinreichend erachtet werden dürfen. Um ferner von der Wahrheit der in Anwendung gebrachten Ursachen überzeugt zu sein, so ist es durchaus erforderlich, auf dem Wege der Erfahrung nachzuweisen:

1) daß diese Ursachen bei dem zu erklärenden Phänomen wirklich gegenwärtig waren;
2) daß diese Ursachen das Phänomen nicht bloß möglicher Weise bewirken können, sondern nothwendiger Weise erzeugen müssen;
3) daß dieselben Ursachen auch unter veränderten Umständen noch dasselbe Phänomen zum Vorschein bringen;
4) daß ohne diese Ursachen auch das Phänomen wegfällt.

§. 14.

Die auf Wahrscheinlichkeit gestützte Annahme der Ursachen oder Eigenschaften eines Naturphänomens nennen wir Hypothese.

Die Ursache der scheinbaren, täglichen Bewegungen der Sonne um unsere Erde kann auf drei verschiedene Arten angenommen werden. Einmal ist es möglich, daß die Sonne selbst sich täglich um die Axe der stillstehenden Erde bewege; dann ist es aber auch wahrscheinlich, daß die Sonne stillstehe und die Erde sich jeden Tag einmal um ihre eigene Axe drehe; zuletzt ist es noch denkbar, daß sich beide Weltkörper zugleich bewegen und so das Phänomen

erzeugen. Die Annahme jeder dieſer möglichen Urſachen kann zur Hypotheſe werden. — Wenn wir ferner bei vielen feſten und flüſſigen Materien die Erfahrung gemacht haben, daß ſie ſich ausdehnen, ſobald ſie erwärmt werden, ſo iſt es wahrſcheinlich, daß die Wärme die Beſchaffenheit beſitze, die Materie, mit denen ſie in Verbindung kommt, auszudehnen. Die Annahme einer ſolchen wahrſcheinlichen Eigenſchaft der Wärme iſt Hypotheſe. — Da Alles, was wir in der Natur wahrnehmen, auf der Wahrſcheinlichkeit beruhet, daß uns unſere Sinne nicht täuſchen, ſo ließe ſich, ſtreng genommen, Nichts davon für unbedingt wahr annehmen, ſondern es müſſten die Annahmen über Eigenſchaften und Urſachen eines jeden Gegenſtandes der Natur nur als Hypotheſen angeſehen werden. Man läſſt aber im gewöhnlichen Leben ſehr oft etwas von der Strenge der Anforderung ab, und nennt jede von einem hohen Grade der Wahrſcheinlichkeit unterſtützte Hypotheſe Wahrheit. Wenn wir nun ſelbſt in wiſſenſchaftlicher Hinſicht dieſer Gewohnheit beizuſtimmen geneigt ſein können, ſo müſſen wir uns doch hüten, unter Hypotheſe eine unwahrſcheinliche, bloß aus der Luft gegriffene Annahme von Urſachen und Beſchaffenheiten eines Naturphänomens zu verſtehen, wie dies im gemeinen Leben auch häufig der Fall iſt.

§. 15.

Bei dem Aufſtellen der Hypotheſen iſt zu eben ſo großer Vorſicht anzurathen, wie bei dem Erklären eines Naturphänomens. Es iſt auch hier nothwendig, ſich an feſte Regeln zu gewöhnen, welche allgemein als zweckmäßig anerkannt ſind. Man muß nämlich bei einer Hypotheſe ſo wenig, wie nur möglich, ſolche Vorausſetzungen machen, welche ſich nicht in der Erfahrung beſtätigen laſſen; man muß ſogar durch vielſeitige Erfahrung und durch vernünftige Schlüſſe dazu gezwungen ſein. Ferner iſt es erforderlich, ſolche Hypotheſen, zu deren Annahme man durch recht ſorgfältig angeſtellte Erfahrung und die darauf geſtützten vernünftigen Schlüſſe veranlaſſt worden iſt, ſo lange für unumſtößlich wahr zu halten, bis neue Eigenſchaften entdeckt worden ſind, welche entweder nur Ausnahmen, oder wirkliche Abänderungen und genauere Feſtſtellungen

pumpe; die nahegelegene Luft, welche nach dem Orte der Explosion strömt, ist die Luft in der Glocke, und die im Zimmer abgesperrte Luft befindet sich bei diesem Experimente in der Blase.

§. 13.

Es ist nothwendig, daß man bei dem Erklären der Naturphänomene so viel als möglich die Erfahrung zu Hülfe ruft, und daß man sich dabei an eine durch feste Regeln bestimmte Methode gewöhne, welche fortwährend daran erinnert, wie man den Weg zur Wahrheit auffinden und sich darauf erhalten kann. Hiernach muß man es sich vor Allen zur Regel machen, eine jede Erklärung ungezwungen, einfach und allgemein verständlich auftreten zu lassen, und dieselbe nur auf solche Ursachen zu stützen, welche nach dem Bedürfnisse der Deutlichkeit für nothwendig und hinreichend erachtet werden dürfen. Um ferner von der Wahrheit der in Anwendung gebrachten Ursachen überzeugt zu sein, so ist es durchaus erforderlich, auf dem Wege der Erfahrung nachzuweisen:

1) daß diese Ursachen bei dem zu erklärenden Phänomen wirklich gegenwärtig waren;
2) daß diese Ursachen das Phänomen nicht bloß möglicher Weise bewirken können, sondern nothwendiger Weise erzeugen müssen;
3) daß dieselben Ursachen auch unter veränderten Umständen noch dasselbe Phänomen zum Vorschein bringen;
4) daß ohne diese Ursachen auch das Phänomen wegfällt.

§. 14.

Die auf Wahrscheinlichkeit gestützte Annahme der Ursachen oder Eigenschaften eines Naturphänomens nennen wir *Hypothese*.

Die Ursache der scheinbaren, täglichen Bewegungen der Sonne um unsere Erde kann auf drei verschiedene Arten angenommen werden. Einmal ist es möglich, daß die Sonne selbst sich täglich um die Axe der stillstehenden Erde bewege; dann ist es aber auch wahrscheinlich, daß die Sonne stillstehe und die Erde sich jeden Tag einmal um ihre eigene Axe drehe; zuletzt ist es noch denkbar, daß sich beide Weltkörper zugleich bewegen und so das Phänomen

ugen. Die Annahme jeder dieſer möglichen Urſachen kann zur
)otheſe werden. — Wenn wir ferner bei vielen feſten und
ſigen Materien die Erfahrung gemacht haben, daß ſie ſich aus-
nen, ſobald ſie erwärmt werden, ſo iſt es wahrſcheinlich, daß
Wärme die Beſchaffenheit beſitze, die Materie, mit denen ſie
Verbindung kommt, auszudehnen. Die Annahme einer ſolchen
)rſcheinlichen Eigenſchaft der Wärme iſt Hypotheſe. — Da
es, was wir in der Natur wahrnehmen, auf der Wahrſchein-
keit beruhet, daß uns unſere Sinne nicht täuſchen, ſo ließe ſich,
ng genommen, Nichts davon für unbedingt wahr annehmen,
)ern es müſſten die Annahmen über Eigenſchaften und Urſachen
es jeden Gegenſtandes der Natur nur als Hypotheſen angeſehen
rden. Man läſſt aber im gewöhnlichen Leben ſehr oft etwas
n der Strenge der Anforderung ab, und nennt jede von einem
)en Grade der Wahrſcheinlichkeit unterſtützte Hypotheſe Wahrheit.
enn wir nun ſelbſt in wiſſenſchaftlicher Hinſicht dieſer Gewohn-
: beizuſtimmen geneigt ſein können, ſo müſſen wir uns doch
en, unter Hypotheſe eine unwahrſcheinliche, bloß aus der Luft
riffene Annahme von Urſachen und Beſchaffenheiten eines Natur-
nomens zu verſtehen, wie dies im gemeinen Leben auch häufig
Fall iſt.

§. 15.

Bei dem Aufſtellen der Hypotheſen iſt zu eben ſo großer
rſicht anzurathen, wie bei dem Erklären eines Naturphänomens.
iſt auch hier nothwendig, ſich an feſte Regeln zu gewöhnen,
che allgemein als zweckmäßig anerkannt ſind. Man muß näm-
bei einer Hypotheſe ſo wenig, wie nur möglich, ſolche Voraus-
ngen machen, welche ſich nicht in der Erfahrung beſtätigen laſ-
; man muß ſogar durch vielſeitige Erfahrung und durch vernünf-
: Schlüſſe dazu gezwungen ſein. Ferner iſt es erforderlich, ſolche
)otheſen, zu deren Annahme man durch recht ſorgfältig ange-
lte Erfahrung und die darauf geſtützten vernünftigen Schlüſſe
anlaſſt worden iſt, ſo lange für unumſtößlich wahr zu halten,
neue Eigenſchaften entdeckt worden ſind, welche entweder nur
snahmen, oder wirkliche Abänderungen und genauere Feſtſtellungen

tig zu Werke gehen bei der Beurtheilung ſolcher Eigenſchaften, welche nicht anders, als durch den Geſichtsſinn erkannt werden können, damit ſie nicht unrichtiger Weiſe einer Materie als weſentlich zugeſchrieben werden, wo ſie entweder gar nicht vorhanden, oder nur vorübergehend ſcheinbar anzutreffen ſind. So iſt z. B. der Schatten nichts Materielles, obgleich es unſerm Auge ſo vorkommt; eben ſo hat das Bild im Spiegel unſerm Auge nach dieſelben Eigenſchaften, wie der abgeſpiegelte Gegenſtand, ſo daß das unerfahrene Kind, welches ſich im Spiegel ſieht, nach dem Bilde greift, oder hinter dem Spiegel ſucht, als wäre hier noch ein eben ſo kleines ſpielendes Weſen, wie es ſelbſt iſt, wirklich anzutreffen. Ferner dürfen wir auch nicht jedesmal von Dem, was wir nicht ſehen, ſagen, daß es keine Materie ſei; denn die atmoſphäriſche Luft, von der wir fühlen, daß ſie als Materie auf unſern Körper wirkt, von der wir wiſſen, daß ſie ſchwer iſt, und ſogar mit einem Gewichte von 30000 Pfund auf den Körper eines ausgewachſenen Menſchen von mittlerer Größe drückt; daß ſie zur Erhaltung des Lebens für Menſchen, Thiere und Pflanzen unumgänglich nothwendig iſt; daß ſie den Vögeln zum Fliegen ein eben ſo erforderliches Element, wie das Waſſer den Fiſchen zum Schwimmen, — von dieſer Materie ſehen wir nichts. — Dagegen müſſen wir Alles, was wir durch den Taſtſinn zu unſerm Bewuſſtſein bringen können, zur materiellen Natur zählen. Obgleich nun hiernach jeder taſtbare Gegenſtand in der Natur materiell iſt, ſo thut man doch nicht wohl, allgemein zu behaupten, daß ein materieller Gegenſtand ein taſtbares Ding der Natur ſei, weil es auch Körper und materielle Stoffe giebt, die nicht taſtbar ſind. Durch Mikroscope hat man z. B. Thiere und Pflanzen entdeckt, die ſo klein ſind, daß man gar nicht daran denken kann, ſich von ihrer materiellen Gegenwart durch den Taſtſinn zu überzeugen; und durch Fernröhre erkennen wir die Sterne am Himmel als Welten, welche mit geringer Ausnahme alle unendlich viel größer, als unſere ganze Erde ſind, wie ſollte hier der Taſtſinn thätig werden können! — Es darf daher der Taſtſinn eben ſo wenig, wie der Geſichtsſinn, als alleiniger Schiedsrichter über die allgemeinen Eigenſchaften der materiellen Naturgegenſtände angeſehen werden.

§. 2.

Das Allgemeine in den Merkmalen der materiellen Natur
ird auch noch mit dem Namen einer wesentlichen Eigenschaft
nannt, weil es die erste nothwendige Bedingung in sich schließt,
nter welcher ein Gegenstand zur materiellen Natur gehört, oder
cht. Da ferner Das, was wir durch das äußere Gefühl und
rch das Gesicht an den Naturkörpern und Stoffen erkennen, sich
mer nur auf die äußere Beschaffenheit derselben beziehen kann, so
kommen diese allgemeinen Eigenschaften auch oft den Namen all-
emeine äußere Eigenschaften, und sie bilden den Gegensatz zu
n besondern äußeren und innern Eigenschaften der Natur-
genstände. Die allgemeine mechanische Naturlehre
t nur hauptsächlich zum Zweck, die wesentlichen Merkmale anzuge-
n, wonach sämmtliche materiellen Bestandtheile der Natur ihren
ßern Eigenschaften nach eine Uebereinstimmung und durch das
rauf gestützte Vergleichen und Messen eine Verschiedenheit
sitzen. Die besondere mechanische Naturlehre stützt sich
nn auf dieses Allgemeine als Vorbereitung, und behandelt in ein-
nen systematisch geordneten Abschnitten Alles, was zum Gebiete
r Natur gehört so speciell, wie es der eine oder der andere Zweck
fordern mag.

§. 3.

Wir wollen von den vielen Eigenschaften, worin alle materiellen
aturgegenstände mit einander übereinstimmen und unter einander
rglichen werden können, nur die herausheben, welche für unsern
weck als die wichtigsten anzusehen sind, und hierzu folgende sieben
hlen:

1. Ausdehnung. 2. Figurabilität. 3. Impenetrabilität oder Undurchdringlichkeit. 4. Theilbarkeit. 5. Porosität. 6. Attraction. 7. Elasticität.

In der folgenden Behandlung stellen wir zunächst fest, was
nter jeder dieser Eigenschaften zu verstehen sei, und suchen dann die
ründe anzugeben, wodurch die Allgemeinheit, der Nutzen und über-
upt die Anwendbarkeit derselben auf's praktische Leben nachgewiesen
rden kann.

sammenfallen, daß sie im gemeinen Leben für ganz gleichbedeutend gehalten werden. Die geometrische Größe bedeutet das Resultat der Ausmessung des Raumes, den ein Gegenstand einnimmt, und man nimmt hierbei gar nicht Rücksicht auf die Materie des Gegenstandes. Das Volumen giebt dagegen die Menge der im geometrischen Raume des Gegenstandes befindlichen Materie an. Hat z. B. der innere Raum einer mit Bier angefüllten Braupfanne die Gestalt eines Würfels von 8 F. Seite, so ist die geometrische Größe der innern Ausdehnung 512 Kubikfuß; das Volumen dieses Behälters ist aber 512 Kubikfuß Bier.

§. 9.

An den Begriff von Volumen schließt sich der der Masse, worunter zuweilen ein großes, nicht genau bestimmtes Volumen, zuweilen aber auch eine noch genauere Bestimmung, als die des Volumens, verstanden wird. Im ersten Falle wird Masse nicht ganz passend für eine unbestimmte große Menge gebraucht. Man sagt z. B. bei dem Eisgange großer Flüsse, »die Eismassen gerathen in Stocken und verursachen eine Ueberschwemmung«; in den hochgebirgenen Berggegenden schneit es oft wochenlang, und es kommt dann nicht selten, daß die Häuser so tief unter der Schneemasse vergraben liegen, daß sich die Bewohner derselben sogar aus den Dachluken einen offenen Weg über die Straße bahnen müssen. — Im andern Falle bedeutet Masse die Größe der Materie eines Gegenstandes nach dem Gewichte bestimmt, und eine solche Ausmessung kann viel genauer, als die des Volumens, ausgeführt werden, weil der Erfahrung nach die Wagschale zu viel schärferen Resultaten führt, als der Längenmaßstab. Der Granitblock, worauf die Riesenstatue Peters des Großen steht, ist z. B. eine Masse von 4000000 Pfd. — Von der genaueren Bestimmung der Masse und des Volumens macht am häufigsten die Chemie Gebrauch, weil hiernach die Mischungsverhältnisse zusammengesetzter Materien am schärfsten angegeben und bezeichnet werden können. Man hat z. B. durch sorgfältig angestellte Untersuchungen herausgefunden, daß das reine Wasser kein einfacher Naturstoff, sondern aus zwei solchen Stoffen zusammengemischt sei, und daß der eine, der Wasserstoff, in doppelt so großem Volumen darin enthalten sei, als der andere, welcher Sauerstoff

ßt. Dies will nun so viel sagen, als wenn irgend eine Menge
asser in seine beiden wesentlichen Bestandtheile aufgelöset wird,
ß dann der Raum, worin der Wasserstoff Platz findet, gerade
ch einmal so groß sei, als der des Sauerstoffs. Sagt man
er, daß das Wasser aus 8 Massentheilen Sauerstoff und
Massentheile Wasserstoff besteht, so drückte dies aus, daß das Ge-
icht des Sauerstoffes, woraus eine gewisse Menge Wasser besteht,
rade 8 Mal so groß ist, als das Gewicht des dazugehörigen zwei-
n Stoffes.

Drittes Kapitel.

Von der Figurabilität.

§. 10.

Ein jeder materieller Gegenstand, der zu unserm Bewußtsein
mmt, hat eine begrenzte Ausdehnung, und wir nennen die ihm
s Eigenschaft beigelegte Wirkung, welche der Zusammenhang sei-
r Grenzen auf unsere Sinne ausübt, seine Figurabilität.

§. 11.

Kein Körper läßt sich ohne Figur denken, daher ist bei den
örpern die Eigenschaft der Figurabilität unbedingt nothwendig.
as Wasser, wie alle tropfbar flüssigen Materien, besitzt schon eine
estalt in den einzelnen Tropfen; es nimmt aber auch noch die
mere Form der Behälter an, in denen es von uns wahrgenommen
ird. Die atmosphärische Luft im weitesten Sinne des Wortes be-
t die Form, in der sie unsere Erde umschließt; dann spricht man
ch von der Luft innerhalb der Grenzen eines Zimmers, einer
lasche u. s. w. Auch dem Lichte, der Wärme und allen anderen
ewägbaren Naturstoffen geht die Eigenschaft der Figur nicht ab,
nn unsere Sinne erkennen dabei Grenzen ihrer Wirkungen im
aume. Wir sprechen von Licht- und Wärmestrahlen der Sonne;
ir sehen und empfinden das Licht und die Wärme eines erleuchte-
n und erwärmten Gegenstandes, und wir werden uns dabei überall
er räumlichen, auf Figur bezogenen Grenzen bewusst.

§. 15.

Man könnte verleitet werden, zu glauben, daß die Eigenschaft der Undurchdringlichkeit der Materie auf keiner richtigen Wahrnehmung beruhe, weil es weder Körper, noch Materie in der Welt gibt, welche nicht von anderen Körpern oder Materien zu durchdringen sind. In das Holz dringt der Nagel, in den Stein der Meißel, in dem Wasser schwimmt der Fisch, und in der Luft fliegt der Vogel. Ein solches Durchdringen der Materie ist aber nur einseitig und bedeutet ganz etwas Anderes, als die allgemeine Eigenschaft der Undurchdringlichkeit, welche die Unmöglichkeit in sich begreift, daß ohne innere Veränderungen zwei oder noch mehr Materien zu gleicher Zeit an ein und demselben Orte sein, daß sich diese Materien in derselben Zeit gegenseitig durchdringen können. Wenn der Nagel auch in's Holz dringen kann, so ist doch nicht zu gleicher Zeit das Holz auch in den Nagel gedrungen. Wenn der Vogel in der Luft fliegt, so ist doch seine eigene Materie nicht zugleich auch durch und durch von Luft durchdrungen. — Wenn Licht und Wärme andere Materien durchdringen, so geschieht dies nicht ohne merkliche Veränderungen, sowohl in dem Lichte und der Wärme, als auch in den davon durchdrungenen Materien, daher müssen wir auch selbst diesen feinsten Naturstoffen die Eigenschaft der Impenetrabilität beilegen. — Von den vielen Fällen, wo ein gegenseitiges Durchdringen scheinbar wirklich Statt findet, wollen wir nur einen herausheben und mit den nöthigen Gründen zu widerlegen suchen. Man kann in 1 Pfund Wasser beinahe $\frac{1}{4}$ Pfund Küchensalz auflösen, ohne daß dadurch das Volumen der Flüssigkeit vergrößert wird. Bei einem solchen Versuche, welcher den Anschein einer gegenseitigen Durchdringung der Materie herbeiführt, muß man sich zunächst erinnern, daß der Proceß der Mischung zu einer ganz neuen Materie geführt hat, welche von den gemischten wesentlich verschieden ist. Wollten wir annehmen, daß Salz und Wasser in eben erwähnter Mischung sich gegenseitig durchdrängen, so müßten sie beide an demselben Orte sich zugleich befinden, ohne irgend ein wesentliches Merkmal in ihren Eigenthümlichkeiten verloren zu haben. Nun hat aber das Salz nicht allein seine Krystallform, sondern auch an Dichtigkeit verloren, und das Wasser ist durch das Bei-

nischen des Salzes zu einer Flüssigkeit geworden, die um den vierten Theil dichter ist, als reines Wasser. Mithin hat hier die hemische Mischung in beiden Materien eine sehr wesentliche Veränderung bewirkt.

§. 16.

Die Impenetrabilität ist also eine Eigenschaft, welche keiner Materie fehlt, und es sind auch alle Materien in dieser Beziehung mit einander zu vergleichen; denn in die eine Materie lässt sich leichter hineindringen, als in die andere, daher ist auch der Grad der Undurchdringlichkeit bei verschiedenen Materien verschieden, und es gibt so diese allgemeine Eigenschaft einen Grund zur äußern Verschiedenheit der Materie. Die mannigfaltigen Vorstellungen, welche wir von den Dingen außer uns durch den Tastsinn und Gesichtssinn in uns bilden, beruhen auf den verschiedenen Arten und Graden der Undurchdringlichkeit. Es zeigt sich daher die Impenetrabilität als eine solche Eigenschaft, welche zum Erkennen und Beurtheilen der Gegenstände außer uns ganz unentbehrlich ist. Die hervorragende und eigenthümliche Undurchdringlichkeit gewisser Materien ist es, welche uns in unsern Wohnungen und Kleidungsstücken vor Wind und Wetter schützt; welche es möglich macht, daß Licht und Wärme in das Zimmer dringen, und darin erhalten werden können. Es ist ferner Alles, was der Mensch aus der Natur formt und daran verändert, auf die besondere Undurchdringlichkeit der betreffenden Materie gestützt. So ist z. B. das ganze Geschäft des Tischlers von dem besondern Widerstande des Holzes abhängig, der durch Sägen, Hobeln, Leimen, Beizen und Poliren überwunden und zu den entsprechenden Zwecken benutzt werden muß. Und was wir hier von dem Tischler gesagt haben, lässt sich bei jedem andern Handwerk, jeder Kunst und jedem Gewerbe eben so überzeugend nachweisen. Wir haben nun im Allgemeinen gezeigt, wie die Impenetrabilität zur Beschreibung und Erklärung aller Naturphänomene nothwendig werden und zu einer großen Menge unterhaltenden und praktisch nützlichen Erfindungen die nächste Veranlassung geben kann, und wollen jetzt noch Einiges hier specieller zur Sprache bringen.

der hinausstrebenden Luft nur noch der Ausgang durch die Spitze offen.

§. 20.

Wenn Flaschen vermittelst eines luftdicht anliegenden Trichters mit irgend einer tropfbaren Flüssigkeit gefüllt werden, so kommt es oft, daß der Trichter von selbst sich verstopft und das Durchströmen der Flüssigkeit nicht eher gestattet, als bis man ihn gelüftet hat. Die in der Flasche befindliche Luft erlaubt, vermöge der Undurchdringlichkeit, nur dann der im Trichter befindlichen Flüssigkeit einen freien Zutritt, wenn ihr ein Ausweg zum Entweichen offen steht. Dies geschieht nun durch das Aufheben des luftdicht anliegenden Trichters, oder auch dadurch, daß sich die Luft unmittelbar durch die im Trichter stehende Flüssigkeit einen Weg in's Freie bahnt und daraus in einzelnen großen Blasen hervorbricht.

§. 21.

Bei dem Schneiden, Bohren, Spalten, Sägen, machen sich Messer, Bohrer, Keil und Säge Platz, indem sie in einen weniger festen Körper, als sie selbst sind, eindringen. Die Hände des Bäckers beim Kneten des Teiges machen sich fortwährend Platz in dem Gemenge zwischen Mehl und Wasser, um so durch das wiederholte Zurückdrängen und Verschieben der Mengetheile eine gleichmäßige Vertheilung und innige Berührung zwischen Mehl und Wasser zu bewirken. Wenn in der Mühle der obere Mühlenstein durch sein großes Gewicht getrieben den unter ihm liegenden zu erreichen strebt, und dabei in drehende Bewegung gesetzt wird, so zermalmt er das zwischenliegende Getreide, als das nächste Hinderniß seiner Bewegung, welches wegen der Undurchdringlichkeit aus dem Wege zu räumen ist. Saft und Oel werden hauptsächlich dadurch aus den Pflanzenstoffen gewonnen, daß man diese in einen so kleinen Raum zusammenpreßt, daß jene Flüssigkeiten nicht mehr Platz darin behalten können und jede ihnen dargebotene Gelegenheit zu entweichen benutzen.

§. 22.

Um die Undurchdringlichkeit der Luft auf eine recht augen-

jeinliche Weise darzuthun, so bedient man sich in der Physik ei-
es recht hübschen Experiments, welches besonders auch deswegen
ur Sprache gebracht werden soll, weil es das Fundament zur Er-
ärung der nachher zu behandelnden Taucherglocke bildet. Es ge-
ört zu diesem Versuche zuerst ein mit Wasser gefülltes Gefäß von
arem weißen Glase, welches in Hinsicht der Größe und Form
it einem etwas weiten und hohen Einmacheglase übereinstimmen
nn. Auf der Oberfläche des Wassers in diesem Behälter schwimmt
in angezündetes Licht auf einer Korkscheibe befestigt. Ueber dieses
icht stülpt man nun ein recht durchsichtiges leeres Glas von der
estalt eines langen Berliner Bierglases, und drückt dasselbe senk-
echt hinab, so wird das Licht mit unter das Wasser hinabsteigen und
ier noch einige Secunden lang fortbrennen in der nicht vom Wasser zu
urchdringenden abgesperrten Luft des Glases. Das Erlöschen des Lichtes
rfolgt erst dann, wenn es den Bestandtheil an Lebensluft verzehrt
at, welchen die eingeschlossene Atmosphäre in sich schließt, und
urch dessen Hülfe das Brennen nur möglich ist. Unten am Rande
es eingetauchten Glases sieht man immer etwas Wasser in den innern
bgesperrten Raum hineindringen, welches hauptsächlich von dem Drucke
es darüber befindlichen Wassers im Gefäße und von der Eigen-
haft der Luft, sich zusammendrücken zu lassen, kommt; denn man
emerkt, daß das innere Wasser in eben dem Maße einen hö-
ern Stand einnimmt, in welchem das Glas tiefer hinabgedrückt
ird; ja man würde, wenn sich ein solcher Versuch auf die eben-
eschriebene Weise nur ausführen ließe, bei 32, 64, 96 Fuß
iefe nur noch den 2ten, 3ten, 4ten Theil des Glases mit Luft
ngefüllt sehen, weil 32 Fuß hohes Wasser für sich allein einen
ben so starken Druck hervorbringt, als die darüber befindliche At-
osphäre, und daher, beide vereinigt, einen Druck von zwei Atmo-
phären bewirken. Aus demselben Grunde würde ein Mensch, von
em wir (§. 1., K. 1.) wissen, daß er von der atmosphärischen
uft allein einen Druck von 30 000 Pfund zu tragen hat, nicht
eniger als 60 000, 90 000, 120 000 Pfund Druck auszu-
alten haben, sobald er 32, 64, 96 Fuß tief unter Wasser
auchte.

§. 24.

Die Taucherglocke hat die Möglichkeit, daß ſich Menſchen unter dem Waſſer erhalten können, zu einer außerordentlichen Vollkommenheit erhoben. Wenn man früher die oſtindiſchen Perlenfiſcher bewunderte, daß ſie eine ganze Viertelſtunde unter dem Waſſer ausdauern und arbeiten konnten, ſo ſcheint es an das Uebernatürliche zu grenzen, wenn man hört, daß es mit Hülfe der eben beſchriebenen Taucherglocke den Menſchen jetzt möglich geworden iſt, mehrere Tage hindurch untertauchen und dabei auf dem Grunde des Meers Mauern aufführen, Felſen zerſprengen, oder die Güter geſcheiterter Schiffe wieder an das Tageslicht ſchaffen zu können. Die erſten Spuren einer ſo nützlichen Erfindung treffen wir in den Schriften des Ariſtoteles. Er erzählt, daß die Taucher mit Hülfe eines umgeſtülpten Keſſels ſich viel länger unter dem Waſſer aufgehalten hätten, als ohne einen ſolchen Apparat. Eine genauere Beſchreibung erhalten wir aber erſt 1538 davon, wo zu Toledo ein Paar umherziehende Griechen in der Kunſt zu tauchen ſehr großes Aufſehen erregt haben. In Gegenwart Kaiſer Karls V. haben ſie unter umgekehrten großen kupfernen Keſſeln, mit angezündeten Lichtern in den Tajo getaucht und ſind erſt nach einer geraumen Zeit wieder zum Vorſchein gekommen, ohne naß zu werden, oder das brennende Licht erlöſcht zu haben. Von dieſer Zeit an intereſſirten ſich beſonders die Engländer für die Taucherglocke. Man bediente ſich derſelben 1665 bis 1688 auf verſchiedene Weiſe, um bei der Inſel Mull aus der Tiefe des Meeres die Schätze wieder heraufzuholen, welche hier mit der ſpaniſchen großen Armada zu Grunde gegangen waren. Dieſe langjährigen Bemühungen wurden aber nur mit einigen Kanonen und ſehr wenigen Koſtbarkeiten höchſt unbefriedigend belohnt. Bei weitem glücklicher fiel ein ähnliches Unternehmen aus, welches der Herzog Albemarle im Jahre 1687 an der Küſte von Hiſpaniola ausführen ließ. Hier war nämlich ein reich mit Gold und Silber beladenes Schiff geſcheitert, und der Herzog ſchickte den Schotten William Phipps nach dieſer Gegend, um mit der Taucherglocke einige von den verſenkten Koſtbarkeiten wieder aufzufinden. Dieſes Unternehmen glückte ſo vorzüglich, daß die Menge der wieder zu Tage geförderten Schätze mit einem Werthe von 300 000 Pf. St. in Vergleich gebracht worden iſt. Bei der

Einrichtung der bis zu dieser Zeit in Anwendung gebrachten Taucher-Glocke blieben noch so viele Wünsche unbefriedigt, daß man eigentlich erst Halley als ihren ersten Erfinder ansehen kann, welcher 1717 in einer besonderen Schrift, über die Kunst unter Wasser zu leben, einen auf die Gesetze der Natur gestützten Apparat zum Tauchen in Vorschlag brachte. Er wusste durch Fenster Licht in die Glocke zu lassen, die schädliche Luft vermittelst einer verschließbaren Röhre daraus zu entfernen, und die frische Luft durch Hülfe lederner Schläuche, welche der Glocke ab und zu nachgeschickt wurden, in so reichem Maaße wieder zu ersetzen, daß sich die Taucher einen fast trocknen Meeresgrund unter der Glocke verschaffen konnten. Einst tauchte Halley in Gesellschaft von 4 andern Personen 60 F. tief bis auf den Meeresgrund. Hier verweilten sie 1½ Stunde in der Glocke, ohne die geringste Lebensgefahr oder auch nur große Beschwerlichkeiten zu verspüren. Bloß bei dem ersten Eindringen in's Wasser bemerkten sie einen ungewöhnlich starken Druck im Ohre, der sich aber bald wieder verlor, oder besser, an den sie sich allmählig gewöhnten, wie das Auge an blendendes Licht. Den sandigen Boden wusten sie nach und nach so genau von Wasser zu befreien, daß die Schuhe, mit denen sie unmittelbar auf der Erde standen, kaum bis über die Sohlen schmutzig wurden. Das Tageslicht war in dieser großen Tiefe noch so wenig geschwächt, daß man ganz bequem in der Glocke lesen konnte. Wenn bei trübem und stürmischen Wetter Versuche angestellt wurden, so war indeß die Dunkelheit oft so groß, daß man zu einem Kerzenlichte seine Zuflucht nehmen musste; dabei bemerkte man aber, daß dieses Licht fast eben so viel Lebensluft verzehrte, wie ein Mensch. — Damit zwischen den Tauchern unter dem Wasser und ihren oben zurückgebliebenen Gefährten eine Kommunikation möglich werde, so verabredet man Hammerschläge an die Glocke, welche über dem Wasser deutlich zu vernehmen und zu deuten sind. Reicht ein solches Signal nicht aus, so werden die entsprechenden Worte mit Bleifeder auf ein Holztäfelchen geschrieben, welches, wenn es unter dem Rande hindurch aus der Glocke geschoben wird, mit Pfeilesschnelle zur Oberfläche des Wassers emporsteigt. Die Antworten auf ein solches Signal werden ebenfalls vermittelst Holzplatten gegeben, welche aber so stark mit Blei beschwert sind, daß sie schnell untersinken; damit sie ihre Richtung nicht verfehlen, so sind sie

den, wenn ihre Wurzeln das Erdreich nicht zertheilen und durch bringen könnten! — Wir hätten keinen Müller, Schmied, Schumacher und Schneider, wenn Korn, Metall, Leder und Zeug nicht theilbar wären; auch Baumeister, Bildhauer, Maler und Zeichner fehlten uns, wenn der Holzblock, der rohe Stein nicht behauen und dadurch in andere Formen gebracht werden könnte, wenn sich von der Farbe und dem Zeichenstifte nicht Theile auf Leinwand, Papier und andere Stoffe bringen ließen.

§. 28.

Ein Gran Gold, welches in Kugelgestalt ungefähr die Größe eines Senfkorns besitzt, wissen die Goldschläger in eine Fläche von 50 Quadratzoll auszudehnen; eine Größe, welche in Hinsicht der Oberfläche einem guten Viertelbogen gewöhnlichen Schreibpapiers gleichzusetzen ist. Wird nun ein solcher Goldschaum über eine Metallplatte oder Glasfläche zu einer festen Ebene ausgebreitet, so ist es jetzt eine ziemlich allgemeine verbreitete Geschicklichkeit der Mechaniker, auf einer solchen Ebene den Zoll in 2000, ja sogar in 10 000 gleiche Theile zerlegen zu können. Hiernach wäre es also möglich, 1 Quadratzoll Goldschaum in 4 Millionen und mithin 50 Quadratzoll, oder das Senfkorn Gold, in 200 Millionen gleiche Theile zu theilen.

§. 29.

Der feine vergoldete Silberdraht, wie er zur Verarbeitung echter Tressen benutzt wird, liefert uns ebenfalls eine Gelegenheit, die außerordentlich weitgetriebene Theilbarkeit des Goldes zu bewundern. Die französischen Golddrathzieher übergolden hierzu gewöhnlich eine Silberstange von 22 Zoll Länge und $1\frac{1}{4}$ Zoll Dicke mit 3 bis 4 Dukaten Gold, und ziehen dann aus einer solchen Stange einen 97 Franz. Meilen*) langen, runden, überall vergoldeten Drath, welcher plattgedrückt zu einer Länge von 110 solchen Meilen ausgedehnt wird. Bedenkt man nun, daß jede von den vier Flächen dieses Drathes durch feine Einschnitte noch halbirt und daß die ganze Länge bis auf 10 000stel eines Zolles in gleiche Theile getheilt werden kann, so folgt daraus, wie es möglich sei, 3 bis 4 Dukaten Gold in mehr als eine ganze Billion gleiche Theile

*) Eine Länge von beinahe 60 Deutschen Meilen.

n theilen, welche alle noch mit bloßen Augen wahrzunehmen sind. Es ist ferner hierbei durch Rechnung herauszufinden, wie das Gold einen so dünnen Ueberzug des Silberdrahtes ausmache, daß die Dicke davon erst 50 000 Mal genommen werden müsse, um der Dicke des gewöhnlichen Druckpapiers gleich zu werden.

§. 30.

Es gibt Gold-, Platin- und Stahldrähte, welche eine so geringe Dicke besitzen, daß sie wie Spinnenfäden kaum mit bloßen Augen wahrzunehmen sind. Zur Verfertigung solcher Drähte wählen die Golddrathzieher auch einen Silberdraht von 22 Zoll Länge und $1\frac{1}{4}$ Zoll Dicke, durchbohren denselben in seiner Axe und füllen dieses Bohrloch, dessen Weite ungefähr $\frac{1}{10}$ der Dicke von der Silberstange ausmacht, mit einem Gold-, Platin- oder Stahldraht aus. Diesen so vorbereiteten Silberdraht ziehen sie dann zu einer Länge von 60 F. M. Um nun den mit ihm in gleichem Verhältniß ausgedehnten Kerndrath von der Versilberung zu befreien, taucht man ihn in Scheidewasser, oder in Queckſilber, je nachdem sein innerer Kern Gold und Platin, oder Stahl ist, weil Silber sowohl von Scheidewasser, als von Queckſilber aufgelöſ't oder verzehrt wird, dagegen aber die Säure dem Golde und der Platina eben so wenig anhaben kann, wie Queckſilber dem Stahle. Der vom Silber befreiete Draht besitzt $\frac{1}{5000}$ Zoll Dicke, eine Ausdehnung, welche kaum durch den Taſtſinn noch wahrzunehmen ist. Von einem solchen goldenen Drahte gehört zu einem einzigen Gran 500 Fß. Länge. Denken wir uns nun, daß ein so geschickter Mechanikus, wie Frauenhofer, jeden Zoll dieser Länge in 32 000 gleiche Theile theilte, so wäre auf diese Weise jeder Gran Gold in 160 Millionen für sich bestehende gleiche Theile getheilt.

§. 31.

Einige Kunstwerke sind in Hinsicht der weitgetriebenen Theilbarkeit hier besonders zu erwähnen. In dem Kunstkabinet zu Dresden wird ein Kirschkern aufbewahrt, woran nicht weniger als 180 kleine Gesichter deutlich eingeschnitten sind. Ein Künstler, Verbinger, soll aus einem einzigen Pfefferkorn eine Dose gemacht haben, worin 1200 andere kleine Dosen aus Elfenbein eingeschachtelt sind. Von diesen elfenbeinernen Dosen hatte eine jede einen zierlich gearbeiteten Fuß und einen vergoldeten Rand. — Auf einer Kunstausstellung

In London war eine feine Nähnadel zu ſehen, welche ſich in der Mitte aus einander ſchrauben ließ, ſo daß ſie zur Nadelbüchſe einer noch feineren ähnlichen Nadel ward. Dieſe zweite Nadel war wieder die Nadelbüchſe zu einer dritten, welche ſelbſt wieder eine noch kleinere vierte in ſich ſchloß. Auf dieſe Weiſe waren noch zehn Nadeln aus einer einzigen zu machen, wovon jede für ſich dem Zwecke des Nähens vollkommen entſprach.

§. 32.

Durch Hülfe des ſogenannten Feinſpinnewockens weiß eine geſchickte Spinnerinn aus einem Pfunde feinen Flachſes 25 Lopp Garn zu ſpinnen, welche zuſammengenommen eine Fadenlänge von 8 Deutſchen Meilen ausmachen. Durch einen mäßig weiten Faden gerring laſſen ſich auf einmal 10 von dieſen Löppen ganz bequem hindurchziehen, und ein ſolcher Lopp kann ohne großen Zwang ſo zuſammengelegt werden, daß er ungefähr nur die Größe eines Zeigefingers beſitzt.

§. 33.

Ein Pfund Baumwolle verſpinnen die Indianer zu einem 40 Meilen langen Faden. Die Feinheit eines ſolchen Fadens iſt ſo groß, daß daraus ein 30 Ellen langes Gewebe von nicht unbedeutender Breite verarbeitet werden kann. Das zarte des ganzen Gewebes läſſt ſich ungefähr begreifen, wenn man hinzufügt, daß die ſämmtlichen 30 Ellen in einer gewöhnlichen Schnupftabaksdoſe vollkommen Platz finden können.

§. 34.

In der Malerei gibt es mehrere Kunſtwerke, an deren Ausführung man ebenfalls Gelegenheit hat, eine außerordentliche Feinheit der Theile zu bewundern. Einige Niederländer haben z. B. einen erſtaunenswürdigen Fleiß darauf verwandt, ihren gemalten Geſichtern, Händen und Füßen, ihren Blumen und Inſekten eine ſo genaue Uebereinſtimmung mit der Natur zu geben, daß dieſe Gegenſtände ſelbſt noch unter einem Vergrößerungsglaſe eben die Poren, Furchen, Aederchen, Einſchnitte und Schuppen beſitzen, wie die wirklichen, von ihnen nachgebildeten Naturgegenſtände. — In einer Gemäldeſammlung zu Dresden iſt ein Kunſtwerk durch den auf einem Weinblatte liegenden Waſſertropfen berühmt geworden. Der Tropfen iſt mit einer ſolchen Treue der Natur nachgebildet,

ıß ſelten ein Beſchauer zum erſten Male vor das Bild tritt, ohne Verſuchung zu kommen, den Tropfen wie einen wirklichen weg=wiſchen. — In neuerer Zeit gibt es anatomiſche und botani=je Kupferſtiche, welche ebenfalls mit mikroskopiſcher Genauigkeit e kleinſten Theile der Natur in einem treuen Bilde wiedergeben.

§. 35.

Haben wir nun bei den eben aufgezählten Beiſpielen die durch Menſchenhand bewirkte ungemein weitgetriebene Zertheilung der Ma=rie mit Recht bewundert, ſo werden wir hierzu noch bei weitem ehr Veranlaſſung finden, ſobald wir nur mit Hülfe ſcharfer Mi=roskope in die Werkſtatt der Natur blicken. Betrachten wir z. B. das grüne Blatt von einem Kirſchbaume, ſo geht die Fortſe=ung des Stiels queer durch des Blattes Länge hindurch, wobei ber ſchon mehrere Aeſte aus der Hauptrippe auslaufend die Breite s Blattes durchdringen; von dieſen Aeſten gehen in vergrößerter nzahl abermals Nebenzweige aus, die ſelbſt wieder in eben dem Maße ehr Nebenzweige beſitzen, als ſie kleinere Theile vom Ganzen nd. Und ſo iſt das ganze Blatt von unzählig vielen Rippen rchflochten, daß es aus nichts Anderem, als aus Rippen zu=mmengeſetzt zu ſein ſcheint. Bei genauerer Prüfung bleiben indeß ch ganz kleine, mit bloßen Augen aber gar nicht wahrzunehmende oiſchenräume übrig, die mit einer grünen, in Bläschen eingeſchloſ=ten Materie ausgefüllt ſind. Aber auch hiermit iſt die Theilung ch nicht zu Ende; denn durch eine ſtärkere Vergrößerung erkennt an ſelbſt in dieſen Bläschen auf's Neue unzählbar viele Aeder=n und Fächer. Bedenkt man nun, daß alle dieſe unendlich vie=l Theilungslinien des Blattes in dem dünnen Stiele, aus dem ſämmlich hervorgegangen ſind, neben einander liegen, daß jede davon bſt noch in mehrere Röhren zerlegt iſt, worin Mark, Saft und ft aufbewahrt wird, — ſo begreift man, wie die Natur die eilung der Materie viel weiter getrieben hat, als es der Menſch faſſen im Stande iſt.

§. 36.

Zu einem einzigen Spinnenfaden gibt jede von den ſechs pinnwarzen einer Spinne ihren beſondern Faden, der aber ſelbſt ch aus mehr denn 1000 feineren Fädchen zuſammengeſetzt iſt, daß alſo der ganze Faden, den wir bei der größten Spinne

kaum mit bloßen Augen wahrnehmen können, aus mehr denn 6000 einzelnen Theilen vereinigt iſt. Wie fein müſſen nun die Theile der Fäden des fliegenden Sommers ſein, welche von der Feldſpinne (Aranea obtextrix), der kleinſten aller Spinnen, von der Größe eines Nadelknopfes, geſponnen werden. Vergleichen wir daher dieſe Wirkſamkeit der Natur mit der vorhin (§. 29., §. 30.) kennengelernten Geſchicklichkeit der Menſchen, ſo überzeugt man ſich, daß da, wo die letztere in Hinſicht der Theilbarkeit der Materie ihre Grenzen erreicht hat, die Natur erſt den eigentlichen Anfang nimmt. War aus einem Pfunde Baumwolle (§. 33.) ein 40 Meilen langer Faden zu ſpinnen, ſo wiegt ein 140 Meilen langer gewöhnlicher Spinnenfaden kaum ein Pfund.

§. 37.

Von Göthe erzählte Blumenbach, daß er mit beſonderer Vorliebe unſere gemeine Stubenfliege beobachtet habe. Mit Hülfe eines ſtark vergrößernden Mikroskopes entdeckte der große Dichter auf ſeinem Lieblingsinſecte wieder andere Inſecten, welche wie Ungeziefer zwiſchen den Haaren und Borſten der Fliege umherkrochen. Man darf ſich aber hierüber noch nicht ſo ſehr wundern, als über die Ehrenbergſchen Entdeckungen*) in der Welt der Infuſorien. Er hat auf Thierchen, welche mit bloßen Augen gar nicht zu ſehen waren, Läuſe geſehen, ja ſogar die Läuſe auf dieſen Läuſen und die Eingeweidewürmer in Infuſionsthierchen noch wahrnehmen können. Die Zahl der Infuſorien iſt ſo groß, daß dieſe Geſchöpfe höchſt wahrſcheinlich die Hauptmaſſe der thieriſch belebten Organismen unſerer Erde ausmachen. Zu einem einzigen Kubikzoll Erde gehören mehr als 41 000 Millionen Infuſionsthierchen.

§. 38.

Chriſtian Wolf brachte einſt einen Tropfen ziemlich friſchen Regenwaſſers unter das Vergrößerungsglas und entdeckte in dem Waſſer ein behaartes, raupenartiges Geſchöpf, welches eben im Begriff war, Eier zu legen. Anfangs zählte er acht Eier, welche zuſammengenommen unter dem Mikroskope ungefähr die Größe einer Erbſe hatten, mit bloßen Augen geſehen, aber kaum ſo groß

*) Ehrenberg's Infuſionsthierchen. Leipzig. Voß, 1838.

ie ein Puderstäubchen waren. Bei genauerer Prüfung fand es
ideß, daß jedes von den vermeinten 8 Eiern ein Haufen von we-
igstens 500 einzelnen Eiern war, und daß also in dem Ganzen nicht
eniger als 4000 Eier aus einem Thierchen herausgekommen wa-
en, welches im Wassertropfen noch ganz gemächlich schwimmen
onnte. Es war also jedes Ei nur $\frac{1}{4000}$ von der Größe eines kaum
nit bloßen Augen wahrzunehmenden Puderstäubchens. Es ist nun
ehr natürlich, noch hinzuzudenken, daß in einem jeden solchen Ei
ch ein neues Geschöpf entwickelte, welches im Augenblicke, wo es
ur Welt kommt, noch nicht größer ist, als das Ei, aber doch
chon Werkzeuge zum Genießen, Verdauen und Bewegen mit zur
Welt bringt, welche alle wieder ihre einzelnen Bestandtheile besitzen.
Solche Infusionsthierchen findet man mit Hülfe sehr guter Mikros-
ope sogar in dem reinsten Trinkwasser. Ihre Kleinheit übersteigt
ft tausend Millionen Mal das kleinste Sandkörnchen. Es ist so-
ar wahrscheinlich, daß die unendlich kleinen Eier dieser Thierchen
nit den Dunstbläschen zu den Wolken emporgezogen werden, in
em niederfallenden Thau und Regen wieder als lebende Wesen
erabkommen und sich als Ungeziefer, dem Mehlthaue ähnlich, an
ewisse ihnen zur Nahrung dienende Gewächse anhängen.

Sechsstes Kapitel.

Von der Porosität.

§. 39.

In einer jeden Materie gibt es Zwischenräume, welche ent-
eder ganz leer, oder mit einer andern feineren Materie angefüllt
nd. Diese Zwischenräume nennt man **Poren**, und die dadurch
er ganzen Natur beigelegte Eigenschaft heißt **Porosität**.

§. 40.

Die Eigenschaft der Porosität wird im gewöhnlichen Leben
ast immer nur solchen Naturstoffen beigelegt, bei denen die Poren
o groß sind, daß man sie ohne große Mühe mit bloßen Augen
ahrnehmen kann, und welche gerade hierin ein wesentliches Un-
erscheidungsmerkmal besitzen. Hiernach würden also nur Bimmstein,
orkholz, Brod, Schwamm, Leder, Löschpapier u. s. w. solche

im Recipienten gebraucht werden können, wozu sich die Ventilluftpumpen gar nicht, oder doch wenigstens erst dann benutzen lassen, wenn man den Ventilen im Stiefel und Kolben eine entgegengesetzte Lage gegeben hat. So viele Vorzüge übrigens mit Recht den Hahnluftpumpen vor den Ventilluftpumpen eingeräumt werden müssen, so darf man dabei doch eine Unvollkommenheit um so weniger mit Stillschweigen übergehen, da eine vollkommen befriedigende Abhülfe derselben kaum denkbar ist. Wenn nämlich bei dem nach Aufgeöffneten Hahne der Kolben bis auf den Boden des Stiefels getrieben worden ist, und hierauf der Hahn wieder in die Lage F gebracht wird, wo er die Röhre AH auf's Neue öffnet, so strömt jedes Mal eine kleine Portion unverdünnter atmosphärischer Luft wieder in den Recipienten hinein, welche sich in dem sogenannten schädlichen Raume zwischen dem Kolben, dem Boden des Stiefels und dem kleinen Bohrloche ac bis zu dem verschließenden Hahne abgefangen hat. Dieser Uebelstand läßt sich wohl etwas, aber nicht vollkommen vermeiden, so genau auch der Künstler bei der Anfertigung seiner Maschine darauf bedacht gewesen sein mag. Man hat versucht, diesen Fehler der Maschine dadurch zu heben, daß dieselbe halb zur Hahn- und halb zur Ventilluftpumpe eingerichtet wird, indem nämlich der Kolben sein Ventil behält, dagegen aber der Stiefel einen Hahn FG mit der in der Figur dargestellten einmaligen Durchbohrung cd bekommt. Hierdurch ist nun freilich der Nachtheil des schädlichen Raumes überwunden, dafür aber auch die gleich zu Anfang dieses Paragraphen erwähnte Unvollkommenheit des Blasenventils wieder eingeführt.

§. 45.

Um die Porosität des Wassers nachzuweisen, wählt man eine kugelförmige Flasche A (F. 3.) von starkem weißen Glase, deren enge Mündung von einer metallenen Hülse B umgeben und vermittelst eines Hahns C luftdicht verschlossen werden kann. In dem hohlen Cylinder B unter C befinden sich zugleich Schraubengänge, eine sogenannte Schraubenmutter, womit das ganze Gefäß AB an den Platz des Luftpumpentellers JK (Fig. 2) sich schrauben läßt. Wird nun der Ballon A auf die (§. 41.) kennen gelernte Weise luftleer gemacht, darauf durch den Hahn C fest verschlossen, von H wieder abgeschraubt, mit dem Halse B in einem geräumigen Gefäße D unter

ıſſer getaucht, ſo ſpringt in dem Augenblicke, wo der Hahn geöffnet wird, das Waſſer mit großer Geſchwindigkeit in den en Raum A empor, und fällt, durch und durch in Blaſen gelöſ't, wieder zu Boden. Das Einſtrömen des Waſſers nimmt nählig ab, und in eben dem Maße verliert ſich auch das Ent-'eln der Blaſen, bis zuletzt, wo gar kein Waſſer mehr eindringt, A nur noch eine einzige in dem höchſten Punkte über dem ıſſerſpiegel ſtehen bleibt, welche die bei dem Auspumpen noch in zurück gebliebene Luft enthält, und in demſelben Verhältniß größer r kleiner iſt, in welchem das Gefäß A wenig oder ſtark von Luft einigt worden iſt. Daß nun bei dieſem Verſuche die in A ſich ımelnden erſten feinen Waſſertropfen in Blaſen aufgelöſ't werden, höchſt wahrſcheinlich eine Wirkung von der ausdehnenden Kraft : Lufttheilchen, welche die Zwiſchenräume des Waſſers in ſich ließen. — Das Eindringen dieſer Flüſſigkeit in den luftleeren ıum A erklärt ſich leicht aus dem äußern Luftdrucke auf die erfläche des Waſſers in D, welcher in dem Halſe B bei dem ffnen des Hahnes C faſt gar keinen Gegendruck von dem in-en Raume des Gefäßes A aus erleidet.

§. 46.

Die im vorigen Verſuche (§. 45.) erlangte Wahrſcheinlichkeit 't ſich auf folgende Weiſe noch mehr beſtätigen. Man füllt nlich ein kleines Glas von 2 bis 3 Zoll Höhe und ungefähr Zoll Weite bis zur Hälfte mit Waſſer, und ſtellt daſſelbe unter :n nicht viel höheren und weiteren Recipienten auf den Teller Luftpumpe. Wird nun aus dieſer Glocke möglichſt raſch die 't gepumpt, ſo entwickeln ſich in dem darunter befindlichen Gläs-ı unzählig viele kleine Luftbläschen, welche in eben dem Maße, die Luft aus dem Recipienten mehr entfernt wird, zahlreicher ı größer werden und zum Theil ſchneller zur Oberfläche empor-zen. Indem nämlich Luft aus dem Recipienten herausgepumpt b, erleidet das darunter befindliche Waſſer, und mithin auch die ſeinen Poren vermuthete Luft einen viel geringeren Druck, als der freien Atmoſphäre. Dadurch wird beiden Materien eine Ge-mheit gegeben, ſich auszudehnen, welche am eifrigſten von der den Zwiſchenräumen des Waſſers verborgene Luft benutzt wird, in Form feiner Bläschen zum Vorſchein kommt. Wie ſtark

die ausdehnende Kraft der Luft im luftleeren Raume iſt, läſſt ſich durch ein Experiment darthun, wovon ſchon früher (E. §. 12.) die Rede war, deſſen Ausführung aber damals nicht gut möglich war, weil die Luftpumpe noch nicht als bekannt vorausgeſetzt werden konnte.

Der eben beſchriebene und erklärte Verſuch gelingt am ſchönſten, wenn das Waſſer vorher ein wenig erwärmt wird, weil die ſich über alle Naturſtoffe erſtreckende ausdehnende Kraft der Wärme gerade auf Luft einen ſehr bedeutenden Einfluß ausübt. Die Entwickelung der Luftbläschen, wovon ſo eben die Rede war, geht dann faſt eben ſo lebendig vor ſich, wie beim ſiedenden Waſſer, ein Proceß, der zum Theil auch als Beweis für das Vorhandenſein der Luft in den Zwiſchenräumen des Waſſers ſpricht. Der Grund, warum bei dem in redeſtehenden Verſuche der Recipient von ſehr geringer Dimenſion gewählt werden muß, liegt darin, daß man auf dieſe Weiſe mit jedem Pumpenzuge eine ziemlich ſtarke Verdünnung der eingeſchloſſenen Luft bewirken kann, und mithin die in den Poren des Waſſers befindlichen Lufttheilchen gleich bei den erſten Zügen eine ſo nahmhafte Ausdehnung erhalten können, daß man ſie früher mit bloßen Augen wahrnehmen kann, ehe ſie zur Oberfläche des Waſſers gelangen und hier zerplatzen. Daß zum Entſtehen dieſer Luftbläschen im Waſſer die bloße Wegnahme des äußern Luftdruckes die Urſache iſt, beſtätigt ſich ſogleich, wenn man dieſe äußere Luft wieder unter den Recipienten läſſt, wo dann augenblicklich alle Luftbläschen wieder verſchwinden. Um ſich davon zu überzeugen, daß die Luft im Waſſer nicht während des Schöpfens, oder bei dem Umgießen aus dem einen Gefäße in ein anderes aufgefangen ſein kann, darf man nur das einmal von Luft, ſo weit es möglich war, befreiete Waſſer in einem noch etwas Luft enthaltenden verkorkten Glaſe tüchtig umſchütteln und dann wieder wie vorhin unter die Glocke der Luftpumpe bringen, ſo wird ſich keine neue Entwicklung der Luftbläschen zeigen, höchſtens läſſt ſich bei nochmaligem Erwärmen und recht anhaltendem Pumpen hier und da noch ein Bläschen wahrnehmen, welches aber auch ohne jene Durchſchüttelung zum Vorſchein gekommen wären. Das einmal von Luft gereinigte Waſſer muß erſt längere Zeit wieder der freien Atmoſphäre ausgeſetzt geweſen ſein, ehe es auf's Neue Luftbläschen

einen Poren zeigt. — Aehnliche und in mancher Beziehung noch nere Wirkungen, als die eben bei dem Waſſer kennen gelernten, en ſich auch bei Wein, Weingeiſt, Eſſig, ausgegohrenem Biere anderen leichtflüſſigen tropfbaren Flüſſigkeiten.

§. 47.

Füllt man das Gläschen, wovon ſo eben die Rede war, mit lt, Milch, Eiweiß, Eigelb, Mumme, Moſt, friſchem ungegoh- n Biere, oder anderen ähnlichen zähflüſſigen Materien, und ipt aus der darüber geſtülpten kleinen Glocke die Luft, ſo wol- ſich nicht die geringſten Blaſen zeigen, ſo lange dieſe Flüſſig- en eine niedrige Temperatur beſitzen. Werden ſie aber etwas chwärmt, ſo ſteigen ungewöhnlich große Blaſen daraus hervor, he in wenigen Zügen ſich zu dem Rande des Gläschens erhe- und dann mit ſolcher Heftigkeit darüber hinausgehen, daß kein pfen von der Flüſſigkeit übrig bleibt, der nicht zur Blaſe ge- den wäre. Durch die Wärme werden nämlich die genannten ſſigkeiten leichtflüſſiger und alſo auch geeigneter, das Ausdehnen in ihren Poren abgeſperrten Luft zu geſtatten. Die ungewöhn- großen und vielen Luftblaſen, welche ſich bei jenen Stoffen im leeren Raume entwickeln, erklären uns zugleich, warum einige jenen Flüſſigkeiten zu dem Lockermachen des Kuchens, Brotes, Torten u. ſ. w. in den Teig gethan werden, und warum Roth- : Blutwürſte bei dem Sieden ſo leicht zerplatzen, wenn ſie vor- nicht ſehr ſchlaff gefüllt und mit der Gabel vielfach durchſto- n worden ſind. Denn große Hitze bewirkt bei der eingeſchloſſe- Luft ein noch ſtärkeres Beſtreben, ſich auszudehnen, als der leere Raum, und vermindert dabei zugleich den innern Zuſammen- ig der Materie.

§. 48.

Wird ein noch nicht geöffnetes, friſch gelegtes Ei unter einen klei- Recipienten gelegt und aus dieſem ſo raſch wie möglich die Luft umpt, ſo iſt die Kraft der Ausdehnung der innern Eimaterie ſo ierordentlich groß, daß die Eiſchale zerplatzt. Eben dieſes ereig- ſich zuweilen auch bei dem Sieden der Eier, wobei man zu- ich an dem durch die Ritzen hervorgequollenen Eiweiß ſehen kann, es von der aus ſeinen Poren entweichenden Luft mit heraus- rieben worden iſt. Wird in der Mitte des Eies eine kleine

Oeffnung durch Schale und die darunter befindliche Haut gemacht, so dringt bei dem Auspumpen der Luft aus der kleinen Glocke, worunter das Ei gelegt worden ist, nach und nach Eiweiß und Dotter aus jener Oeffnung heraus. Diese Wirkung ist aber nicht bloß von der ausdehnenden Kraft der in den Poren des flüssigen Eies enthaltenden Luft, sondern auch von der besonderen Luftblase verursacht, welche sich innerhalb jedes Eies befindet. Zuweilen wollen diese Versuche mit dem Ei nicht recht glücken; dann ist aber gemeiniglich der Recipient zu groß und hat nicht schnell genug luftleer gemacht werden können, so daß die in den Poren der Flüssigkeit abgesperrte Luft Zeit genug gehabt hat, durch die Poren der Eischale zu entweichen, oder man hat die Oeffnung des Eies nicht nach Unten gekehrt.

§. 49.

Die aus einem früheren Versuche (§. 47) hervorgegangene Vermuthung, daß die ungewöhnlich große Porosität des Brods hauptsächlich durch die dem Teige beigemischte in Gährung übergehende Flüssigkeit entstehe, gewinnt auf folgende Weise noch mehr Glauben. Man bringt ein Stückchen Teig unter den Recipienten und entfernt hinaus wie gewöhnlich die Luft. Dann sieht man, wie der Teig bei jedem Pumpenzuge einen immer größern Umfang gewinnt, und wie die aufgeblähete Oberfläche an mehreren Stellen von der entweichenden Luft durchbrochen wird. Das umfangsreiche Ansehen eines so aufgegangenen Teiges läßt auf eine stark poröse Structur des Innern schließen; man kann sich aber nicht sogleich unmittelbar davon überzeugen, weil in dem Augenblicke, wo die Luft wieder unter die Glocke gelassen wird, die noch weiche Teigkugel in eine dünne Scheibe zusammenfällt und auseinander fließt. Daher thut man wohl, dicht unter den Teller der Luftpumpe noch einen recht genau schließenden Hahn anzubringen, wodurch der Raum des Recipienten so lange luftleer erhalten und dabei etwas warm gestellt werden kann, bis der eingeschlossene Teig so weit ausgetrocknet und erstarrt ist, daß er von der freien Atmosphäre nicht mehr zusammengedrückt werden kann. Schneidet man dann einen solchen Teig behutsam durch, so zeigen sich dieselben Poren, wie bei dem gut ausgebackenen Brote. Auch ein bloß aus luftreinem Wasser und Mehl gebildeter Teig ohne den geringsten Zusatz von

uerteig, Gäscht, Ei, Milch, zeigt ganz ähnliche Erscheinungen, der vorige, woraus hervorzugehen scheint, daß die auseinander- bende Luft schon in den feinen Poren des Mehles enthalten Rührt man daher in Wasser, aus dem, so weit es möglich :, die Luft entfernt worden ist, etwas Mehl hinein, bis es un- khr die Dicke der Milch erlangt hat, und verfährt damit, wie den zähflüssigen Materien, so entwickeln sich eben so große und fige Blasen, wie vorhin bei Milch und Eiweiß.

§. 50.

Jetzt wollen wir zeigen, wie man die Porosität bei festen ıterien auf dem Wege der Experimente nachweisen kann. Gute Eroskope gewähren hierzu schon ein in vieler Hinsicht befriedigen- Mittel. Besonders schön fallen diese Versuche mit Holz, Horn, ut, Elfenbein u. s. w. aus. Man schneidet nämlich von der untersuchenden Materie, z. B. Holz, ganz dünne Scheiben ab bringt diese unter das Vergrößerungsglas, so sieht man da- ch eine unendliche Menge großer und kleiner Poren, welche zu m netzförmigen Gewebe zu gehören scheinen, bei dem selbst die nsten Fäden noch Lücken besitzen, so daß die Porosität bis in's ndliche zu reichen scheint. Werden diese Durchschnitte bei dem ge queer durch den Lauf der Fäden ausgeführt, so tragen auch Ringe, an denen man die Jahre des Baumes oder Zweiges uzählen pflegt, noch bedeutend zur Verschönerung der Erschei- ıg bei. Uebrigens lassen sich diese Poren auch ganz deutlich an hen Holzscheibchen erkennen, welche der Länge nach vom Stamme r Zweige abgeschnitten sind; in diesem Falle ist das Gewebe ır gestreift, als durchlöchert, weil die feinen Röhren, in denen Saft zu den Gipfeln der Bäume empor steigt, bei den ersten heiben queer durchschnitten sind, bei diesen andern aber der ge nach.

§. 51.

Bei manchen festen Körpern lässt sich die Porosität auch durch Entweichen der in den entsprechenden Zwischenräumen vorkom- nden Luft, wie vorhin bei den tropfbaren Flüssigkeiten, nachwei- In ein kleines Glas, angefüllt mit Wasser, aus dem die t herausgepumpt worden ist, klemmt man ein Stückchen Holz, leicht Tannenholz, zwischen die gegenüberliegenden Seitenwände,

so, daß es dadurch ganz unter Wasser erhalten wird. Entfernt man nun aus der darüber gestülpten Glocke die Luft, so sieht man viele Bläschen aus den Queerdurchschnitten des Holzes hervorkommen, welche bei fortgesetzter Arbeit sich eine Zeit lang vermehren und zum Theil vergrößeren, zuletzt aber ganz verschwinden. Läßt man hierauf die äußere Luft wieder unter den Recipienten, so nimmt das Stückchen Holz durch das Eindringen des Wassers in die so eben von Luft gereinigten Poren eine viel dunklere Farbe an, und sinkt unter, sobald es in ein größeres, mit Wasser gefülltes Gefäß gelegt wird. Den Grund, warum es in seinem natürlichen Zustande nicht untersinkt im Wasser, liegt darin, daß die in seinen Poren befindliche Luft es daran verhindert, und zwar auf eben die Weise, wie eine leere Bouteille so lange im Wasser schwimmt, bis aus ihrem inneren Raume die leichtere Luft entfernt und dafür das schwerere Wasser an den Platz getreten ist. — Statt Holz kann man auch allerlei Früchte, wie Gurken, Kirschen, Pflaumen, Aprikosen, oder auch bloß die Kerne davon, ferner Leder, Pech, Steine u. s. w. in jenes Gläschen thun, und man wird dann unter ähnlicher Behandlung auch hier Luftbläschen aus den Poren entweichen sehen. Es gehört zu dieser Klasse von Versuchen auch noch der, wobei man Wasser durch Zinn schwitzen läßt. Man nimmt nämlich eine mit Wasser gefüllte und recht sorgfältig wieder zugelöthete Zinnkugel, und schraubt dieselbe vermittelst eines Schraubstocks allmählig in eine abgeplattete Form zusammen, so sieht man das Wasser aus den Poren des Metalls wie Schweiß hervorquillen.

§. 52.

Daß die weiße Rinde des Eies, so dicht und fest sie uns auch erscheinen mag, auch Poren besitzen müsse, läßt sich aus dem darin lebenden Küchlein mit ziemlicher Gewißheit vermuthen, welches ohne Zufluß frischer atmosphärischer Luft nicht athmen könnte. Außerdem weiß man auch, daß sich die Eier viel länger vor dem Faulwerden bewahren lassen, wenn sie unter aufgelöstem und wieder verhärteten Kalke vor dem Zutritte der äußern Luft, welche vermöge ihres Sauerstoffes den Proceß des Faulens bewirkt, gesichert sind. Diese Wahrscheinlichkeit veranlaßte die Naturforscher, auf Mittel zu sinnen, welche das wirkliche Vorhandensein dieser

F. 4.

Poren durch anschauliche Versuche bestätigen könnten. Auf folgende Weise ist man nun zu einem sehr befriedigenden Resultate gelangt. Man wählt einen Recipienten AB, welcher an dem einen Ende A vermittelst einer halben Eierschale möglichst luftdicht verschlossen ist, bringt denselben auf den Teller CD einer Luftpumpe, wobei die Oeffnung f in eine gebogene Röhre fa ausläuft, damit das Innere der Luftpumpe vor dem Eindringen nachtheiliger von Oben herabfallenden Stoffe bewahrt werden kann. War nun der eierne Becher mit Wasser angefüllt und die Luft aus AB herausgepumpt, so quoll die Flüssigkeit durch die Poren der Eierschale hindurch und fiel in feinen Tropfen zu Boden. Durch das Verdünnen der Luft in AB wird nämlich von dieser Seite der Druck gegen die Eierschale viel geringer, als auf der anderen Seite, wo auf dem Wasser die ganze Last der freien Atmosphäre ruhet (§. 1.). Befinden sich daher in der Rinde des Eies kleine Zwischenräume, welche Wasser hindurchlassen können, so wird dies geschehen, sobald von Außen nur bedeutend stärker auf das Wasser gedrückt wird, als dasselbe einen inneren Zusammenhang seiner Theile besitzt und als es von der entgegengesetzten Seite einen Gegendruck erleidet. Dieser Versuch läßt sich unter ähnlichem Erfolge auch mit Weingeiste und anderen leichtflüssigen Materien ausführen. Statt der Eierschale kann man auch Becher aus den dichtesten Holzarten wählen, und durch deren Poren nicht allein Wasser, sondern sogar Quecksilber hindurchtreiben, wobei dann ein sehr schöner Silberregen zum Vorschein kommt. Besitzt ein solcher Becher einen ledernen Boden, so läßt sich damit zeigen, wie das Quecksilber durch die Poren des Leders gepreßt werden kann.

§. 53.

Es gibt noch einen anderen Versuch, Quecksilber durch die Poren des Holzes zu treiben, von dem hier ebenfalls die Rede sein mag, weil dabei eine für's praktische Leben nützliche Belehrung über den Druck der Flüssigkeiten vorkommt. Der dazu nöthige Apparat besteht zunächst in einem $1\frac{1}{2}$ Zoll hohen glockenartigen hölzernen Gefäße acfd, wobei die Seitenwände und der Hals B verhältnißmäßig viel dicker sind, als der horizontale Ring abc, welcher die Dike einer Linie nicht übersteigt. Der Boden dieser Glocke ist beinahe $\frac{1}{2}$ Zoll dick, besitzt in der Mitte eine Oeffnung, welche durch F. 5.

eine Schraube mit breitem ehernen Kopfe der luftdicht verſ
werden kann. In den Hals B dieſes Gefäßes iſt eine 3
lange, etwas weite Barometerröhre luftdicht und ſo tief hinein
daß ihre Mündung gerade bis zu der Ebene hinabreicht,
ſich unter dem breiten, aber dünnen Ringe abc befindet.
andere offene Ende A dieſer Glasröhre hat eine vom Qu
nicht leidende eiſerne Faſſung, welche vermittelſt einer S
von demſelben Metall feſt verſchloſſen werden kann. Iſt n
Röhre in A zugeſchraubt, ſo kehrt man die ganze Vorrichtun
öffnet den Boden des Gefäßes und füllt dieſes ganz voll Q
ber, wodurch dann zugleich die Röhre AB mit angefüllt
und ſchraubt vermittelſt der die Oeffnung im Boden geh
Darauf bringt man den Apparat wieder in ſeine aufrechte
wobei das Gefäß acfd in einer weiten zum Auffangen des
ſilbers paſſenden Schale ruhet, und BA einen vertikalen
annimmt. Bleibt nun A verſchloſſen, ſo erhält ſich das Q
ber in AB und dem darunter befindlichen Gefäße acfd, und
eignet ſich weiter nichts Merkwürdiges. Sobald aber die S
von A hinweggenommen iſt, ſo ſpringt das Queckſilber du
Poren des Holzes, und aus dem Streifen abc ſteigen die
ſtrahlen wie das Waſſer bei einer Fontaine hervor, wel
ihrem Niederfallen ſich in dem Becken, worin acfd aufgeſ
wieder ſammeln. Die erſte Frage bei dieſem intereſſanten
mente möchte ſich wohl auf die nicht ſogleich einleuchtende
beziehen, warum das Queckſilber nicht eher durch das Holz hi
dringen kann, als bis A geöffnet worden iſt. Dies flüſſi
tall würde nämlich in AB faſt eben ſo hoch emporgeſtiege
wenn das offene Ende B in ein mit Queckſilber anc
offenes Gefäß gebracht, und alle Luft aus der Röhre entfer
den wäre, wie wir dies in der Beſchreibung der Luftpumpe
geſehen haben. Daher drückt das in AB befindliche Qu
nicht viel ſtärker auf das in acfd befindliche, wie die fre
auf die äußere Oberfläche dieſes Gefäßes. Es wird daher a
in den Poren der Scheibe abc vorhandene Luft ziemlich
ſtark von Außen durch die freie Atmoſphäre, wie von Inne
das Queckſilber gedrückt, und ſie hat in den feinen Oeffnun
Zwiſchenräume noch mehr Hinderniſſe zu bekämpfen, als

eſtreben zu entweichen erhalten hat. Wird nun aber A geöff=
t, ſo drückt die äußere Luft mit dem Queckſilber in AB noch
mal ſo ſtark, als vorhin die Queckſilberſäule AB ohne Zutritt
: Atmoſphäre auf das im Gefäße acfd enthaltene Queckſilber
ückte. Dadurch muß dann die in den Poren von abc befindliche
ft dem viel ſtärkeren Drucke des Queckſilbers von Innen nach Au=
weichen und auch das Ausſtrömen des Queckſilbers geſtatten.
n zu beweiſen, daß, ſo lange A verſchloſſen bleibt, bloß der
ſere Luftdruck auf die Poren des Ringes abc das Hervorquillen
s Queckſilbers verhindert, bringt man das Gefäß acfd unter die
locke einer Luftpumpe, wobei jene in ihrer oberen Wölbung eine
ſſende Oeffnung beſitzt, damit AB hier luftdicht hindurch geſteckt
rden kann. Entzieht man nun, ohne A zu öffnen, dieſem Re=
ienten die Luft, ſo ſieht man auch jetzt das Queckſilber aus abc
rvorſpringen, und zwar ebenſo wie vorhin, wo A geöffnet war.

§. 54.

Auf großen Oekonomien, wo man ſich viel mit der Schwei=
zucht beſchäftigt, ſucht man dieſes Vieh durch Einreibungen mit
ueckſilber vor dem peinigenden Ungeziefer zu bewahren und davon
befreien. In der Mitte des Stalles wird ein knorriger Baum=
mm AB ſo in dem Boden befeſtigt, daß er ſich ungefähr 3 bis F. 6.
Fuß über der Erde befindet. Ein ſolcher Baum beſitzt nun
ehrere Bohrlöcher, wovon das eine bc von der oberſten Spitze
bis zur Tiefe aa hinabreicht, wo die Schweine, um ſich zu
euern, gerade anreichen können; die anderen, viel weiteren Bohr=
her a,a gehen von der Seite in den Baumſtamm und treffen
alle mit dem erſten bc zuſammen. Dieſe letzteren Oeffnungen
ıb mit kurzen Zapfen recht lockeren Eichenholzes vergeſchloſſen.
n c b ſchüttet man Queckſilber. Suchen nun die vom Ungeziefer
quälten Thiere ſich dadurch Linderung zu verſchaffen, daß ſie ſich
einem ſolchen Baume ſchaben, ſo öffnen ſie mit Hülfe der dem
olze mitgetheilten Wärme und Erſchütterung die Poren der Za=
en a,a und reiben ſich auf dieſe Weiſe ſelbſt das Queckſilber an
n Stellen, wo es Noth thut, ein, weil dieſes Metall in ſehr
nen Kügelchen aus den geöffneten Poren des Holzes hervorquillt.

§. 55.

Die Einrichtung und Erklärung des ſogenannten Hexenbrettes

und der Blindenschrift beruhet ebenfalls auf der Porosität des Holzes. Das erstere besteht aus einem Brette AB von dichtem Holze, welches in C ein rundes Loch besitzt, worin ein Stab DE von weicherem Holze steckt, dessen Enden in viel dickere Kugeln D und E auslaufen, als die Oeffnung C Weite hat. Das Sonderbare bei dieser Sache ist nun, daß DE aus einem einzigen Stücke gedrechselt worden, und die Kugeln D und E nicht Theile sind, die vor dem Hindurchstecken des Stabes durch C von DE abgenommen und nachher wieder daran befestigt worden sind. Die Frage, wie DE durch C hindurchzubringen war, beantwortet sich so: Der eine Knopf des Stabes DE wird nämlich vermittelst eines Schraubstockes von verschiedenen Seiten nach und nach so dünn zusammengepresst, daß er zuletzt durch die Oeffnung C bequem hindurchgeht. Hat man dann das Brett auf dem Stabe sitzen, so taucht man den zusammengepressten Knopf in siedendes Wasser. Nach wenigen Minuten ist das eingetauchte Ende des Stabes wieder eben so dick geworden, als das andere, oder wie es selbst gewesen, ehe es zusammengeschraubt war, und in dieser Ausdehnung verbleibt es, wenn
F. 7. es auch ganz wieder trocken geworden ist. Die ausdehnende Kraft der Wärme vertreibt nämlich aus den zusammengedrückten Poren des Holzes die Luft und macht dem eindringenden Wasser Platz, welches dann durch das Einströmen in alle Zwischenräume und durch das Ausfüllen derselben das sogenannte Aufquellen des Holzes bewirkt. — Die Blindenschrift, von der wir hier auch einige Worte sagen wollen, besteht in Buchstaben, welche sich aus der Ebene eines Brettes erheben. In ein abgehobeltes Brett von feinfaserigem Holze werden zuerst vermittelst gewöhnlicher Buchdruckerlettern die beabsichtigten Buchstaben und Wörter gleichmäßig tief eingedrückt. Hierauf wird die Fläche des Brettes so weit wieder abgehobelt, bis von den Vertiefungen nichts mehr zu sehen ist. Taucht man nun das so vorbereitete Brett einige Zeit unter siedendes Wasser, so öffnen sich die vorhin zusammengepressten Poren wieder und heben die Buchstaben eben so weit aus der Ebene des Brettes heraus, wie sie vorhin eingedrückt waren.

§. 56.

Die Schweißlöcher in den Häuten der Menschen und Thiere heißen vorzugsweise Poren. Man erkennt sie an der aus dem In-

rn der genannten Körper zu ihrer Oberfläche hervorperlnden Flüs-
keiten, welche Schweiß genannt wird. Mit Hülfe guter Mikros-
pe hat man an der äußeren Haut des Menschen auf der kleinen
äche eines Quadratzolles mehr als zwei Millionen solcher Poren
zählt. Daß man diese Zwischenräume nicht bloß der äußeren Haut
schreibt, sondern dieselben als Mündungen unzählig vielzr Röhrchen,
lche den ganzen Körper nach allen Richtungen durchdringen, an-
ht, ist sehr natürlich. Eine solche Ansicht wird in manchen Fäl-
n durch Hülfe der Luftpumpe und des anatomischen Hebers be-
itigt. Wir wollen hier nur von den Poren der menschlichen und
ierischen Blase sprechen. Eine Blase, sie mag umgekehrt sein
er nicht, behält aufgeblasen Jahre lang die innere Luft, woraus
an mit vieler Wahrscheinlichkeit vermuthen kann, daß es ihren
oren eigenthümlich sei, sich dem Durchgange der Luft zu wider-
zen. Bindet man eine frische, oder mit warmem Wasser erweichte
te Blase über die eine Oeffnung eines auf beiden Seiten offenen
ylinders von Metall oder Glas, läßt sie in dieser Lage trocknen,
s sie an dem Rande des Cylinders sich luftdicht angelegt hat und
der Mitte straff wie ein Trommelfell ausgespannt ist, so erhält
an einen Apparat, mit dem sich sehr befriedigend zeigen läßt, daß
e Poren der Blase keine Luft, aber doch Wasser hindurch lassen
nnen. Setzt man nämlich diese Vorrichtung auf den Teller der
uftpumpe und pumpt die Luft darunter hinweg, dann drückt die
ußere Luft so stark auf die Blase, daß sich diese in Form einer
albkugel tief in den Cylinder hineinzieht, ohne dabei im gering-
ten einen Durchgang zu finden, wie man aus dem Stande des
Queckfilbers in der Barometerröhre der Luftpumpe erkennen kann
(§. 42.). Gießt man aber etwas Wasser in die entstandene Ver-
tiefung der Blase, so rieselt dieses wie bei einem Siebe durch die
Poren hindurch.

§. 57.

Der anatomische Heber besteht aus einer 4 bis 5 Fuß ho-
hen metallenen Röhre AB von $\frac{1}{2}$ Zoll Weite, und aus einem damit
kommunizirenden, nur wenige Zoll hohen, aber 5 bis 6 Zoll wei-
ten cylinderförmigen Gefäße C von demselben Metalle. Dieses letz- F. 8.
tere füllt man nun bei dem Gebrauche des Apparats schlicht voll
Wasser, und bindet eine aufgeschnittene Blase, mit der inneren

Seite nach Außen gekehrt, recht feſt darüber. Darauf wird die Röhre AB auch mit Waſſer angefüllt, wodurch das in C aufwärts drückende Waſſer die Blaſe zu einer Halbkugel abc ausſpannt; zugleich bemerkt man hierbei, daß die Oberfläche der Blaſe fortwährend wieder naß wird, ſo oft dieſelbe auch abgewiſcht werden mag, daß aber eine darunter abgeſperrte Luftblaſe b, ungeachtet des ſtarken Andranges, von dem darunter befindlichen Waſſer nicht entweichen kann. Wird die thieriſche Blaſe umgekehrt auf C gebunden, ſo iſt das Durchdringen des Waſſers durch die Poren der Blaſe bei weitem nicht ſo ſtark, als vorher, die abgeſperrte Luftblaſe b kann aber jetzt eben ſo wenig entweichen. Hieraus folgt nun offenbar, daß die Luft von keiner Seite, dagegen das Waſſer von beiden Seiten durch die Poren der Blaſe hindurchdringen kann, daß dies letztere aber beſſer von Außen nach Innen als umgekehrt möglich iſt. Es erklärt ſich hieraus zugleich der in vieler Hinſicht nützliche Gebrauch der Blaſhaut zum Verſchließen der Gefäße, deren Inhalt recht ſorgfältig vor der Gemeinſchaft mit der freien atmoſphäriſchen Luft, d. i. vor dem Verderben (§. 52.) geſchützt werden ſoll. Um nun bei den hier vorauszuſetzenden Kenntniſſen auch von dem ſtarken Drucke des Waſſers unter die über C geſpannte Blaſe einigermaßen die Urſache einſehen zu können, ſo iſt es nöthig, daß Gefäß C in Gedanken von der Blaſe zu befreien und daſſelbe bis D zu verlängern, wo es dann mit der Röhre AB gleiche Höhe beſäße. Nun weiß man aus Erfahrung, welche z. B. täglich an Gießkannen, Theekeſſeln gemacht wird, daß, wenn der eine von beiden kommunizirenden Räumen AB, CD mit Waſſer oder einer anderen Flüſſigkeit gefüllt iſt, ſich auch der anderen zugleich mit anfüllt, und daß die Flüſſigkeit in beiden Räumen immer gleich hoch ſteht. Reicht daher das Waſſer in AB bis f, ſo wird daſſelbe in CD bis de empor geſtiegen ſein, ſo daß f, d, e in einer einzigen wagerechten Linie liegen. Die über C geſpannte Blaſe muß daher von dem in AB bis f emporreichenden Waſſer mit eben der Kraft in die Höhe gehoben werden, mit welcher dieſe Flüſſigkeit ohne jenes Hinderniß dem Drucke des Waſſercylinders adec das Gleichgewicht halten kann. Sind die Wände des Cylinders adec ſenkrecht auf der Horizontalfläche ac, ſo weiß man nach angeſtellten Verſuchen, daß

r Druck des darin befindlichen Waſſers auf die Grundfläche ac
en ſo groß iſt, als die Waſſermaſſe in adec ein Gewicht beſitzt

§. 58.

Das Erweichen und Aufquellen des gedörreten Obſtes, Flei-
es, des trocknen Holzes und der Hülſenfrüchte, wenn dieſe Ge-
nſtände mit warmem Waſſer überſchüttet werden, erklärt ſich haupt-
hlich aus dem Eindringen der Flüſſigkeit in die ausgetrockneten
oiſchenräume jener Materien, wodurch dieſe wieder in einen ähn-
hen Zuſtand verſetzt werden, als hätten ſie noch ihren urſprüng-
hen beim Wachſen und Leben nöthigen Saft in ſich. Die aus-
ander treibende Kraft des Holzes iſt hierbei ſo groß, daß ſie
ühlenſteine ſpalten kann. Der Anatom füllt den innern Raum
s Schädels, den er auseinander zu nehmen beabſichtigt, mit tro-
nen Erbſen aus und feuchtet dieſe mit warmem Waſſer an, dann
iben die Erbſen bei ihrem Aufquellen den ganzen Kopf aus ſei-
n Fugen.

§. 59.

Das Zerſpringen der aus Holz gedrechsſelten und geſchnitzten
efäße, wenn eine leichtflüſſige Materie, wie Waſſer, beſonders in
ißem Zuſtande, hineingegoſſen wird, findet ebenfalls ſeine Erklärung
der Poroſität. Die Flüſſigkeit dringt nämlich dabei von dem
nern des Gefäßes in die Poren deſſelben, wodurch das Holz von
ſer einen Seite ein ſtarkes Beſtreben erhält, ſich auszudehnen.
ieſem Beſtreben kann aber nicht eher ein Genüge geſchehen, als
auch die Außenſeite des Gefäßes ſich zugleich mit ausdehnt.
t nun die innere auseinander treibende Kraft größer, als der Zu-
mmenhang des Holzes an der äußeren Wand dieſer Gefäße, ſo
olgt in der Richtung und an den Stellen, wo ſich das Holz am
chteſten ſpalten läſſt, ein Aufplatzen der Geſchirre. Aus wei-
m Material, wie Erlen- und Lindenholz, zerſpringen dieſe
efäße ſeltener, als wenn ſie aus dichterem Holze, wie Ahorn und
uchen, bereitet ſind. Der Grund hiervon mag wohl darin liegen,
ß jene Holzarten ein viel tieferes Eindringen der Flüſſigkeiten in
Poren geſtatten, wodurch dann auch ein mehr gleichmäßiges
ufquellen der ganzen Holzwände bewirkt wird, als bei dieſen; auch
ögen die Holzfäſerchen im erſten Falle keine ſo günſtige Lage zum
rſpalten des Holzes haben, als im anderen. Obgleich die Form

solcher Gefäße wenig zur Entstehung dieses Phänomens beizutragen scheint, wie das besonders zu diesem Zwecke angestellte Versuche wahrscheinlich machen, so weiß man doch aus Erfahrung, daß dünne Wände dabei eher das Zerspringen zulassen, als dicke. — Auf ähnliche Weise erklärt sich auch das Werfen, Klammgehen und Klapperigwerden, das Sperren, Rinnen, Reißen und Knacken anderer Gegenstände und Geräthschaften von Holz, wie z. B. bei Fußböden, Fenstern und Thüren, bei Tonnen, Mulden und Schränken, in so fern dabei entweder eine einseitige, oder zu schnelle Ansammlung oder Entfernung der wässerigen Bestandtheile im Holze vorauszusetzen ist.

§. 60.

Bei einigen harten Steinarten kann man die Porosität durch das Einsaugen und Austrockenen der Feuchtigkeit recht auffallend wahrnehmen. So zeigt sich z. B. bei dem Hydrophan ein dem Achat verwandter halbdurchsichtiger Hartstein, unter der Luftpumpe in's Wasser gelegt, nicht allein ein Entweichen feiner Luftbläschen aus seinen Poren, sondern auch später, nachdem er gehörig wieder abgetrocknet worden ist, eine merkliche Zunahme an Gewicht und eine viel schönere Durchsichtigkeit. — Der Marmor lässt sich durch das Einsaugen farbiger Firnisse tief unter seine Oberfläche hinab bleibend färben. — Daß sich bei der Anwendung eines mächtigen Druckwerkes sogar durch Glas Wasser hindurchpressen lässt, ist eine der merkwürdigsten Entdeckungen neuester Zeit, welche die Porosität des Glases ganz außer Zweifel stellt.

Siebentes Kapitel.

Vorbereitungen zu den Lehren von der Attraction und Elasticität.

§. 61.

Wird bei einem im Raume begrenzten Gegenstande angegeben, wo er selbst, oder auch nur ein Theil von ihm und seinen Grenzen sich befindet, so bestimmt man für ihn, seine Theile und Grenzen den Ort.

Sagt man z. B. von dem Ofen eines Zimmers: er steht auf der linken Seite des Einganges dicht neben der Thüre, so ist

durch der Ort dieses Ofens bestimmt. Auf ähnliche Weise läßt h auch der Lauf der Züge eines solchen Ofens, eine daran vor- mmende abgestoßene Kante, ein Schmutzfleck an seiner Oberfläche, r Lage nach, genau beschreiben, und es werden so für die Theile ıd Grenzen des Ofens die Orte nachgewiesen. Man sieht leicht, ıß sich diese Ortsbestimmungen auch auf Schatten, Wind, Schall, erhaupt auf nicht materielle Gegenstände der Natur und Kunst ıt beziehen lassen. Ein Ort heißt ferner noch absolut, oder elativ, je nachdem er ganz unabhängig von anderen als bekannt raus gesetzten Orten, betrachtet wird, oder nicht; woraus unmittelbar lgt, daß alle Orte der Wirklichkeit relativ sind, und die Vorstel- ıng eines absoluten Ortes nur durch Abstraction von der Wirklich- ıit in uns entstehen kann.

§. 62.

Jede an einem begrenzten Gegenstande wahrgenommene Ver- nderung des Ortes nennt man Bewegung. Nimmt man da- egen an einem solchen Gegenstande keine Veränderung des Ortes ahr, so heißt der hierauf gestützte Zustand Ruhe.

An Beispielen für die Bewegung in der Natur kann es uns icht fehlen, da wir sie überall, und besonders häufig bei Menschen nd Thieren anzutreffen gewohnt sind. Menschen und Thiere sind,) lange sie leben, nicht einen Augenblick in Ruhe; denn wenn sie uch ihren Aufenthaltsort nicht durch Gehen, Laufen und Springen eränderu, sondern durch Stehen und Liegen fest zu bewahren schei- en, so gibt es doch unzählig viele Gründe, welche auch in die- em Zustande für eine ununterbrochene Bewegung ihrer Körper spre- hen. Das Athmen, der Umlauf des Blutes, das Verdauen und ndere Thätigkeiten der lebenden menschlichen und thierischen Körper rzeugen Bewegungen, welche selbst im Schlafe nicht aufhören. ußerdem gehört auch das Wachsen, Verjüngen, Veralten, Ver- ittern aller Körper mit zu den Veranlassungen zu einer immer- ährenden Veränderung der Größe in der Natur, wodurch ebenfalls ne beständige Bewegung erzeugt werden muß.

Die Natur ist also reich an Beispielen für die Bewegung, nd man sollte denken, daß sie es auch ebenso für die Ruhe wäre; es ist aber nicht der Fall, und streng genommen, fehlt es uns gar gänzlich an einem Gegenstande, von dem sich unbedingt be-

haupten ließe, daß er in vollkommener Ruhe sei. Alles, was zu unserer Erde gehört, ist in fortwährender Bewegung; denn es macht mit ihr die tägliche Drehung um ihre Axe und die jährliche Bewegung um die Sonne gemeinschaftlich. Alle Himmelskörper, selbst die scheinbar ewig ruhenden Fixsterne nicht ausgenommen, sind der Bewegung unterworfen, wie es die astronomischen Forschungen ganz außer Zweifel setzen; woraus also folgt, daß absolute Ruhe gar nicht wirklich vorhanden ist, und der Begriff derselben nur durch den Gegensatz der Bewegung in uns gebildet wird. Betrachtet man indeß die Bewegung der Erde als gar nicht vorhanden, so ist nach dem Urtheile unserer Sinne die irdische Natur sehr reich an Beispielen für die Ruhe. Hierauf stützt sich die gewöhnliche Ansicht von Ruhe und Bewegung innerhalb gewisser Grenzen. Es ist z. B. das Innere eines sanft auf dem Wasser fortgleitenden Schiffes in Ruhe, sobald es zu den Grenzen dieses Fahrzeuges dieselbe Lage behält, oder, was dasselbe sagen will, seinen Ort nicht verändert, so wie die Bewegung des Schiffes unter Voraussetzung der Ruhe des Ufers erkannt wird. Eine solche Ruhe heißt relative Ruhe, und die dadurch bestimmte Bewegung relative Bewegung.

§. 63.

Sobald wir bei den vor unseren Augen sich befindenden Gegenständen in der Natur eine Veränderung des Ortes wahrnehmen, so haben wir immer Grund, auf eine vorhandene Bewegung zu schließen, und es ist in vielen Fällen zugleich leicht, zu entscheiden, welchem jener Gegenstände die Bewegung zuzuschreiben sei; in vielen anderen Fällen ist es aber auch eben so gut möglich, sich zu irren. So scheint es uns, wenn wir etwas rasch im Schiffe oder Wagen fahren, als ob die Ufer und Straßen mit den Bäumen, Häusern und allen anderen dazu gehörenden ruhenden Körpern in Bewegung begriffen wären und die Fahrzeuge in Ruhe verblieben. Fahren oder reiten wir ein wenig schnell durch einen lichten Wald, so kommt es uns leicht vor, als ob alle uns umgebenden Bäume, und besonders die entfernteren, in lebhafter Bewegung zwischen einander umherliefen. Werden wir an einem uns langsam entgegenkommenden Wagen geschwind vorbei gefahren, so sind wir fast immer geneigt, nicht dem eigenen, sondern dem fremden Wagen die raschere

wegung beizulegen. Wir fühlen uns nämlich bei allen dieſen uſchung erweckenden Bewegungen, innerhalb der nächſten Grenzen, Schiffe, Wagen und auf dem Pferde ſo ruhig, daß wir die ene Ortsveränderung ganz überſehen und ſie auf die entfernteren)enden Gegenſtände übertragen, wodurch dann dieſe eine der un= gen entgegengeſetzte Bewegung anzunehmen ſcheinen. Bei wei= r ſchwerer iſt die von uns wahrzunehmende tägliche Umdrehung Himmels mit allen ſeinen Geſtirnen um unſere ſcheinbar ru= de Erde, als Täuſchung nachzuweiſen. Jahrtauſende hindurch wa= ſelbſt die ſcharfſinnigſten Denker der Meinung, daß dieſe Bewe= ng nicht auf Schein, ſondern auf Wahrheit beruhe, und erſt in eſter Zeit hat man mit Hülfe von Fallverſuchen, wovon ſpäter Ende der Lehre von der Schwere in der Attraction die Rede , einen directen Beweis gegeben, daß die Erde ſich täglich um e Axe drehe.

§. 64.

Die drehende Bewegung der Erde um ihre Axe läſſt ſich als aufhörend und unveränderlich dieſelbe bleibend anſehen, daher n ſie auch recht gut zum Ausmeſſen aller anderen Bewe= ngen benutzt werden. Wendet man nun dieſe drehende Bewe= ng der Erde, oder die ſcheinbare der Sonne um die Erde, als aßſtab aller anderen Bewegungen an, ſo erhält ſie den Namen it. Iſt z. B. während irgend einer Bewegung auf der Erde ſe 1, 2, 3 mal um ihre Axe gekommen, ſo hat jene Bewe= ng 1, 2, 3 Tage Zeit gedauert. Uhren ſind Inſtrumente, wo= Bewegungen vorkommen, welche ganz genau mit der der tägli= n Umdrehung der Erde um ihre Axe übereinſtimmen, ſo daß ſie erſichtlicher und genauer als dieſe zum Vergleichen und Meſſen derer Bewegungen benutzt werden können.

§. 65.

Die in irgend einer Zeiteinheit durchlaufene Länge Weges, r auch wohl das bloße Beſtreben dazu, nennt man bei jeder Be= gung Geſchwindigkeit. Ein Bote, der in 6 Stunden 4 Meilen eges marſchirt iſt, beſaß bei dieſer Bewegung eine Geſchwindigkeit n $\frac{2}{3}$ Meilen, ſobald dabei die Stunde als Zeiteinheit angeſehen wird. n jeder am Aequator unſerer Erde ſcheinbar ruhende Körper durchläuft einem Tage 5400 Meilen, alſo in einer Stunde 225, und

in einer Minute $3\frac{3}{4}$, und in einer Sekunde $\frac{1}{16}$ Meilen: folglich ist die Geschwindigkeit eines solchen Körpers 5400, oder 225, oder $3\frac{3}{4}$, oder $\frac{1}{16}$ Meilen, je nachdem bei dieser Bewegung der Tag oder die Stunde, oder die Minute, oder die Sekunde als Einheit der Zeit angesehen wird. Im Durchschnitt ist die Bewegung eines Dampfwagens von der Art, daß in je 12 Minuten eine Länge von einer deutschen Meile durchfahren werden kann; nehmen wir daher die Minute als Einheit der Zeit, so ist die mittlere Geschwindigkeit dieser Bewegung $\frac{1}{12}$ Meilen. Vergleichen wir nun die auf dieselbe Zeiteinheit bezogene vorhin bestimmte Geschwindigkeit der Erde mit der eben angegebenen, so ist jene 45 mal so groß, als diese. Der Schall hat eine Geschwindigkeit von 1000 Fuß in einer Sekunde, und die abgeschossene Büchsenkugel eine von 1500 Fuß, wobei zu bemerken, daß diese letztere Bewegung ziemlich eben so geschwinde wie die der Erde am Aequator ist. Die Geschwindigkeit der Bewegung des Lichtes ist, auf unsere Erde bezogen, unendlich groß, oder: keine Entfernung auf Erden ist groß genug, um zum Messen einer so außerordentlichen Geschwindigkeit benutzt werden zu können. Galilei hat hierüber vor mehr als 200 Jahren die ersten Versuche angestellt. Er bediente sich angezündeter, aber verdeckter Fackeln, welche während der Nacht, in bedeutender Entfernung von einander, aufgestellt, und bei bestimmt verabredeten Zeitmomenten aufgedeckt wurden. Die allerschärfesten Beobachtungen konnten dann zwischen dem Aufdecken einer Fackel an dem einen Orte, und zwischen dem Wahrnehmen des Lichtscheins an dem anderen Orte nicht den kleinsten Unterschied der Zeit wahrnehmen. Etwa 50 Jahre später entdeckte man auf astronomischem Wege, daß das Licht erst für große Entfernungen im Weltenraume eine wahrnehmbare Geschwindigkeit besitze, und fand dann durch Rechnung, daß sie nicht kleiner als 40 000 Meilen in Zeit von einer Sekunde sei, mithin 640 000 mal so groß, als die der Erde am Aequator. Hieraus erklärte es sich auch zugleich, warum man die Fortpflanzung des Lichtes auf Erden, ohne merklichen Fehler, für augenblicklich ansehen könne. Unter Voraussetzung des gänzlichen Verschwindens der Zeit bei der Verbreitung des Lichtes über unsere Erde, misst man, besonders im Kriege, Entfernungen durch Abfeuern der Geschütze. Verstreicht z. B. zwischen dem Augenblicke, wo

n in einer namhaften Entfernung ein Gewehr abfeuern sieht und
i Augenblicke, wo das Ohr den darauf folgenden Knall hört,
Sekunden Zeit, so ist die Entfernung der beiden Punkte, in
:n der Schuß gehört und das Geschütz abgefeuert wird, 3000
i groß. Auf ähnliche Weise bestimmt man auch nach der ver-
'enen Zeit zwischen Blitz und Donner die Entfernung eines Ge-
ers. Angenommen, man hörte bei einem heranziehenden Gewit-
den Donner erst 24 Sekunden nach dem vorangegangenen Blitze,
ist das Gewitter noch 24 000 Fuß, also eine deutsche Meile,
ernt.

§. 66.

Eine Bewegung heißt gleichförmig, wenn ihre, auf dieselbe
einheit bezogene, Geschwindigkeit unverändert dieselbe bleibt. Ist
Bewegung nicht gleichförmig, so wird sie beschleunigt, oder
zögert genannt, sobald dabei mit dem Zunehmen der Zeit
Geschwindigkeit wächst, oder abnimmt. Die Bewegung des
alles scheint nach den darüber angestellten Versuchen, ohne merk-
n Fehler, für eine gleichförmige angenommen werden zu kön-
. Die Erfahrnng lehrt nämlich, wenn der freie Schall in der
:n Sekunde 1000 Fuß nach jeder von seinem Ursprunge aus-
:nden Richtung durchläuft, daß derselbe in der 2ten, 3ten, 4ten
kunde ebenfalls noch 1000 Fuß, und daß er auf eben die
ise vor dem Verfließen der ersten Sekunde, bei der halben, vier-
und achtel Sekunde auch 500, 250 und 125 Fuß Weg zu-
'gelegt hat. Als Beispiel für die beschleunigte Bewegung lässt
der freie Fall eines schweren Körpers anführen; denn die Er-
:ung lehrt hierbei, daß ein Körper, welcher in der ersten Se-
de eine Höhe von 15 Fuß durchfällt, in der darauf folgenden
1, 3ten, 4ten Sekunde nicht auch noch 15 Fuß, sondern 45,
105 Fuß Fallraum zurücklegt. Eben so lässt sich ein verti-
emporgeworfener Körper als Beispiel für die verzögerte Bewe-
) anführen; denn wenn z. B. ein solcher Körper mit einer auf
Sekunde bezogene Geschwindigkeit von 90 Fuß anfängt zu stei-
so wird er bis zu Ende der ersten Sekunde nicht wirklich 90,
ern nur 75 Fuß hoch gekommen, und am Ende der 2ten
unde nur 45 Fuß weiter emporgestiegen sein, folglich nimmt er
eder folgenden Zeit eine geringere Geschwindigkeit an.

§. 67.

Die Ursache, wodurch in der Natur irgend ein Zustand der Ruhe oder Bewegung erhalten, verändert oder vernichtet wird, heißt **Kraft**.

Wenn wir einen Stein von einem Platze zu einem andern wälzen, so ist die unserem Körper beigelegte Möglichkeit hierzu eine Ursache, welche wir Kraft nennen; wir nehmen dabei aber auch zugleich wahr, daß der Stein ein Bestreben zeigt, in seiner Lage zu verharren; die Ursache hiervon heißt ebenfalls Kraft. Eine abgeschossene Kugel würde die durch die Kraft des Pulvers empfangene Bewegung ewig unveränderlich beibehalten, wenn ihr die Kraft des Widerstandes der Luft nicht fortwährend entgegen arbeitete, und den anfangs angenommenen Zustand der Bewegung unaufhörlich änderte und endlich ganz vernichtete. Es gibt sehr viele verschiedene Arten der Kräfte in der Natur, und mehrere haben, wegen ihrer häufigen Anwendung, auch besondere Namen bekommen, wovon wir uns hier einige merken wollen. Die **lebenden Kräfte** sind dem Leben aller organischen Körper als Eigenthum zuzuschreiben; es gehören dazu z. B. die Muskelkräfte und die Kraft des Wachsens. Alle nicht lebenden Kräfte heißen **todte Kräfte**. **Chemisch** heißt die Kraft, welche sich auf die Erhaltung, Vernichtung und Veränderung der Materie bezieht, während **mechanische Kräfte** eben dies bei der Form der begrenzten Materie zu bewirken streben. Die unbekannte Ursache, welche den Zustand der Ruhe, oder Bewegung in irgend einem Gegenstande der Natur erhalten würde, sobald nicht andere Kräfte daran behinderten, wird mit der **Kraft der Trägheit** bezeichnet, eine Benennung, welche man, ihrer einseitigen Bedeutung wegen, in neuerer Zeit gern zu umgehen sucht. Alle ruhenden Körper, und überhaupt alle Naturstoffe, können erst durch einen Aufwand von neu zu ihrem Zustande hinzukommender Kraft in Bewegung gesetzt werden, und es ist allerdings sehr passend, dieses Sträuben gegen Bewegung mit dem Namen Trägheit zu belegen, weil bei Menschen und Thieren ganz etwas Aehnliches damit bezeichnet wird. Aber auch alle in Bewegung begriffenen Gegenstände der Natur würden in diesem Zustande verharren, wenn nicht eine oder mehrere neuen Kräfte hinzukämen, welche eine Veränderung, oder gänzliche Vernichtung der Bewegung

eiführten. Daß man nun einem ſolchen Streben zur Fortſetzung Bewegung, dieſem Sträuben gegen Ruhe, auch den Namen gheit gegeben hat, paſſt ganz und gar nicht zu der Bedeutung, he man bei Menſchen und Thieren dieſem Worte unterlegt. rigens thut der Name an ſich wenig zur Sache, ſobald man nur den richtigen Sinn unterzulegen weiß. — Im Allgemei- iſt nun noch zu bemerken, daß mit dem Worte Kraft eigent- gar nichts erklärt, ſondern immer nur einer uns unbekannten ache von einer Wirkung ein Name beigelegt wird. Das, womit Finger im Stande ſind, die Feder zu halten, iſt eine Kraft, man bezeichnet damit etwas Unbekanntes, von dem man nur ß, daß es eine ſolche Wirkung hervorzubringen im Stande iſt. s Nachforſchen über das eigentliche Weſen einer Kraft liegt aber) ſchon außerhalb der Grenzen des Gebietes für Naturforſcher, che es ſich zur Regel machen müſſen, das Hauptaugenmerk im- : nur auf die Benutzung der von den Kräften in der Natur er- gten Wirkungen zu richten.

Wir wollen jetzt einige Geſetze über das aus der Zuſammen- ung der Kräfte erzeugte, oder geſtörte Gleichgewicht nachfolgen laſ- , wobei wir aus geometriſchen Gründen von der Wirkung der ifte auf einen einzigen materiellen Punkt ausgehen, und dann hieraus auf die Wirkungen der Kräfte bei Linien, Flächen und per weiter ſchließen.

§. 68.

Jeder freie Punkt, welcher in derſelben geraden Linie von i gleichgroßen, aber vollkommen entgegengeſetzt wirkenden Kräf- ganz allein und gleichzeitig zur Bewegung getrieben wird, bleibt Ruhe.

Es ſei A ein ſolcher Punkt, den die eine Kraft in der Rich- F. 9. g von A nach p, die andere gleichgroße ihn aber in demſelben genblicke nach der entgegengeſetzten Seite von A nach p′ — ſo p′, A, p in derſelben geraden Linie liegen — zur Bewegung bt. Denken wir uns nun dieſen Punkt A von weiter keiner eren Kraft angegriffen, ſo muß er in Ruhe verharren; denn er d in ein und derſelben Zeit nach jeder der beiden Richtungen Ap, ′ eben ſo ſtark zur Bewegung getrieben, als davon zurückge- ten.

§. 69.

Wenn eine freie gerade Linie aus hinreichend fester Materie in der von ihrer eigenen Lage bestimmten Richtung von zwei gleichen, aber genau entgegengesetzten Kräften ganz allein und gleichzeitig zur Bewegung getrieben wird, so bleibt sie in Ruhe.

Die gerade Linie sei AB, und die eine von den beiden gleichen Kräften suche dieselbe in der Richtung von A nach B zu bewegen, während die andere sie in der entgegengesetzten Richtung
F. 10. von B nach A eben so stark zu bewegen bestrebt ist. Nehmen wir nun an, daß außer diesen beiden Kräften keine andere mehr in AB thätig ist, welche Bewegung veranlassen könnte, so kann keine Bewegung erfolgen; denn dieselbe gerade Linie AB wird nach jeder der beiden Seiten von A nach B, und von B nach A ganz gleichzeitig auf dieselbe Weise eben so stark zur Bewegung getrieben, als davon zurückgehalten.

Man sieht leicht, daß hierbei die Länge der geraden Linie AB und die Angriffspunkte der beiden Kräfte in ihr ganz beliebig gewählt werden, ja sogar in einen einzigen Punkt zusammenfallen können, ohne daß das Gleichgewicht gestört wird. Griffen z. B. die beiden gleichen Kräfte in a, einem beliebigen Punkte von AB, an, und wären sie von hieraus nach A und B hin gleichzeitig thätig, so muß nach §. 68. dieser Punkt a, und mithin die ganze gerade Linie AB, wie lang sie auch sein mag, in Ruhe verbleiben.

§. 70.

Ist eine in sich selbst gehörig feste gerade Linie von bestimmter Länge, um ihren unbeweglichen Mittelpunkt ganz frei zu drehen, so werden zwei gleiche, in ihren beiden Endpunkten angreifende, nach derselben Gegend hin gleichzeitig Drehung bewirkende Kräfte die Linie in Ruhe erhalten.

Die Kräfte, welche auf eine in sich selbst feste gerade Linie in einer anderen Richtung, als die von der Linie selbst angegeben ist, einwirken, wollen wir uns, der Einfachheit wegen, mit der geraden Linie in derselben Ebene gelegen und senkrecht dazu geneigt denken.

Die gerade Linie sei ABC, ihr Mittelpunkt B, um den sie ganz beliebig zu drehen ist, während er unbeweglich bleibt. Denken

wir uns nun, daß in dem Endpunkte A irgend eine Kraft in der Richtung von A nach p die Linie AC um B zu drehen beſtrebt wäre, und daß zu gleicher Zeit in dem anderen Endpunkte C eine ganz gleiche Kraft nach derſelben Gegend von C nach p′ die Linie AC F. 11 um B zu drehen ſuchte, ſo müſſte das Reſultat dieſer Kräfte Ruhe der Linie ABC ſein. Denn dieſelbe Drehung der Linie ABC, welche die in C angebrachte Kraft nach C p′ hin bewirken kann, würde auch erfolgen, wenn am entgegengeſetzten Ende A dieſelbe Kraft nach der entgegengeſetzten Seite AP′ thätig wäre, dann wirkten aber auf denſelben Punkt A zwei gleiche Kräfte in derſelben geraden Linie P′Ap nach entgegengeſetzter Gegend hin, folglich müſſte nach §. 68 der Punkt A und mithin die ganze Linie ABC in Ruhe bleiben.

§. 71.

Dies eben kennengelernte Geſetz wird unverändert dieſelbe Gültigkeit behalten, wir mögen die Linie AC ſo lang oder ſo kurz annehmen, wie wir wollen. Auch iſt kein Grund vorhanden, war- F. 11 um die Unterſtützung im Punkte B bei denſelben beiden Kräften nicht dieſelbe Laſt zu tragen habe, wie nahe oder entfernt die Punkte A und C ihr auch gelegen ſein mögen, warum ſie ſich ſelbſt da, wo A und C mit B in einen einzigen Punkt zuſammenfallen, nicht noch unter demſelben Drucke befinden ſolle. In dieſem letzten Falle würde der Punkt B ohne Unterſtützung — alſo ganz frei beweglich gedacht — von den zwei gleichen Kräften in einer Richtung nach derſelben Gegend hingezogen, er würde daher nur dann F. 12 in Ruhe erhalten werden können, wenn in derſelben Richtung, aber nach entgegengeſetzter Seite von B nach p″ hin, wie dies in Fig. 12 beſonders dargeſtellt iſt, eine doppelt ſo große Kraft, als einzeln in A und C angebracht ſind, thätig wäre: Wirken daher unter den im §. 70. vorausgeſetzten Umſtänden in zwei Punkten A,C einer geraden Linie AC gleichgroße Kräfte nach derſelben Gegend p,p′ hin, ſo wird eine genau in der Mitte B zwiſchen AC angreifende doppelt ſo große Kraft, welche nach der entgegengeſetzten Gegend p″ hin gleichzeitig thätig iſt, ihnen das Gleichgewicht halten.

Denken wir uns nun die gerade Linie ABC ganz gleichmäßig von feſt zuſammenhaltender ſchwerer Materie umgeben, ſo daß ſie zu einem ſchweren Körper heranwächſt, welcher, in ſeiner Mitte B zur freien drehenden Bewegung unterſtützt, die gerade Linie ABC und alſo auch ſich ſelbſt in horizontaler Lage, oder im Gleichgewichte erhalten kann, ſo wird daraus der Wagebalken einer gewöhnlichen gleicharmigen Wagſchale.

§. 72.

Wenn eine feſte gerade Linie um einen unbeweglichen beliebig in ihr gewählten Punkt frei zu drehen iſt, ſo wird von irgend einer darauf einwirkenden Kraft daſſelbe Beſtreben zur Drehung erzeugt, wie von einer anderen in einem anderen Punkte, ſobald dieſe Kräfte nur immer von ſolcher Größe und in ſolcher Entfernung von der Unterlage angreifen, daß das Produkt aus der Zahl für die Größe der einen Kraft und der Zahl für die zugehörige Entfernung von der Unterlage eben ſo groß iſt, als das Produkt aus der in Zahlen gegebenen anderen Kraft und der ihr zugehörigen Entfernung.

Um uns von der Wahrheit dieſes wichtigen Satzes zu überzeugen, ſo wählen wir nur einige ſpeciellen Fälle heraus, in deren Behandlung wir aber ſchon eine unſerem Standpunkte angemeſſene Ueberzeugung für die allgemeine Gültigkeit erlangen können. In dieſer Abſicht wollen wir nun nachzuweiſen ſuchen, daß unter den eben erwähnten Bedingungen die einfache Kraft in 2 und 3facher Entfernung von der Unterlage eben ſo ſtark zur Drehung treibe, wie die 2 und 3fache Kraft in der einfachen Entfernung, und daß die 2fache Kraft in 3facher Entfernung ein eben ſo ſtarkes Beſtreben zur Drehung erzeuge, wie die 3fache Kraft in der 2fachen Entfernung.

F. 12. Iſt ABC eine gerade Linie aus feſter Materie, worauf in den Punkten A und C, welche von dem Punkte B gleichweit entfernt ſind, nach derſelben Gegend p,p' hinſtrebende gleichgroße Kräfte gleichzeitig einwirken, während in B nach der entgegengeſetzten Seite p'' eine zweifache Kraft zur entgegengeſetzten Bewegung treibt, ſo halten ſich dieſe 3 Kräfte nach §. 71. Das Gleichgewicht oder, was daſſelbe ſagen will, die Linie ABC bleibt in Ruhe. Dieſer

ıstand der Ruhe wird nicht gestört, wenn der Punkt A in dem ıgenblicke, wo die auf die ganze Linie ABC wirkenden Kräfte ätig sind, so befestigt wird, daß er unbeweglich bleibt, während ı Linie ABC sich frei darum bewegen kann. Und hieraus folgt ım: daß bei der in A unterstützten geraden Linie uf einerlei Seite der Unterstützung in der von A bgerechneten einfachen Entfernung AB die zweifache raft ein eben so starkes Bestreben zur Drehung be= tzen müsse, wie in der zweifachen Entfernung AC ie einfache Kraft.

Hält nun bei der geraden Linie ABC die in B nach p″ irkende zweifache Kraft der in C nach p′ wirkenden einfachen Kraft s Gleichgewicht und verlängert man diese Linie über A hinaus ıch E, so daß AE = AB ist, so werden nach §. 70 in E ıd B angebrachte gleichgroße, nach derselben Gegend P″ hinwir= ıde Kräfte auch einander das Gleichgewicht halten, und die ge= de Linie EABC in Ruhe lassen. Die Größe der in E und B rkenden gleichen Kräfte ist ganz beliebig; nehmen wir daher an, ß sie der vorhin schon in B thätigen Kraft der Größe nach gleich, : Richtung nach ihr aber entgegengesetzt sind, so wird derselbe Punkt an zwei gleichen, aber entgegengesetzt auf einander wirkenden Kräfte r Bewegung getrieben, daher halten sich diese beiden Kräfte s Gleichgewicht (§. 68), folglich müssen es auch die noch übri= ı beiden Kräfte in C und E thun. Und hieraus folgt wieder: ıß bei der geraden Linie EAC in der einfachen Entfer= ıng AE auf der einen Seite der Unterlage A die zwei= che Kraft ein eben so starkes Bestreben zur Drehung zeuge, wie in der zweifachen Entfernung AC auf r anderen Seite der Unterlage A die einfache Kraft. F. 13

Denken wir uns nun, unter Beibehaltung aller anderen Um= nde, die Punkte E und C allmählig näher und näher an A her= gerückt, so ist kein Grund vorhanden, warum das Gleichgewicht rdurch gestört werden, warum die Unterlage A nicht immer die= be Last zu tragen haben sollte, und wir sind überzeugt, daß es selbst dann noch der Fall sei, wenn E und C mit A zusam= enfallen. In einem solchen Augenblicke greifen aber auf A verei= gt die zweifache und die einfache Kraft nach derselben Gegend zur F. 14

Bewegung treibend an, daher wird eine dreifache nach der entgegengesetzten Seite p''' hinwirkende Kraft den Punkt A eben so gut wie vorhin die Unterlage in Ruhe erhalten können. Ist daher EAC eine ganz freie feste gerade Linie, wobei AC doppelt so groß ist als AE, so wird in A eine dreifache Kraft, der einfachen in C und der zweifachen in E zusammengenommen — welche beide nach derselben entgegengesetzten Gegend p,p'' hinwirken — das Gleichgewicht halten. Ist nun die Linie EAC auf die eben beschriebene Weise in Ruhe, so denken wir uns den Punkt E so befestigt, daß er selbst sich gar nicht bewegen, dagegen aber die ganze Linie EAC sich frei darum drehen kann, so wird dadurch das Gleichgewicht nicht gestört, und die in E bis jetzt thätige Kraft wird überflüssig, weil sie nur auf die Unterlage E drückt und gar keinen Einfluß mehr auf die Bewegung der Linie ausübt. Hieraus folgt also: **daß bei der geraden Linie EAC auf derselben Seite der Unterlage E die einfache Kraft in der dreifachen Entfernung EC eben so viel an Drehung zu bewirken strebe, wie die dreifache Kraft in der einfachen Entfernung EA.**

Wäre unter übrigens ganz gleichen Voraussetzungen, statt E der Punkt C unterstützt, so folgte zugleich: **daß bei der geraden Linie EAC auf derselben Seite der Unterlage C eine zweifache Kraft in dreifacher Entfernung CE eben so viel an Drehung zu bewirken strebe, wie die dreifache Kraft in der zweifachen Entfernung CA.**

15. Nehmen wir die vorhin in E unterstützte gerade Linie EAC mit ihren Gleichgewicht bewirkenden Kräften wieder auf, und verlängern dieselbe über E hinaus bis F, wo EF = EA und lassen sowohl in F, als in A die dreifache Kraft mit der in C thätigen einfachen Kraft nach derselben Gegend P''' hin thätig sein, so wird dadurch das vorhin stattgehabte Gleichgewicht (§. 70.) nicht gestört. Hierbei wird aber derselbe Punkt A von zwei gleichen, aber entgegengesetzten Kräften zur Bewegung getrieben, und es halte sich daher diese beiden Kräfte (§. 68.) das Gleichgewicht, mithin müssen auch die anderen beiden Kräfte in F und C einander das Gleichgewicht halten. Daraus folgt also: **daß bei der gerade Linie FEC auf der einen Seite der Unterlage E d**

nfache Kraft in der dreifachen Entfernung EC eben viel an Drehung zu bewirken ſtrebe, wie auf der nderen Seite der Unterlage die dreifache Kraft in r einfachen Entfernung EF.

Wäre unter übrigens ganz gleichen Vorausſetzungen ſtatt E r Punkt C unterſtützt, und die Verlängerung über C um CA rgenommen, ſo folgte zugleich: daß bei der geraden Linie F. 16 CF auf der einen Seite der Unterlage C eine zwei- che Kraft in der dreifachen Entfernung CE eben viel an Drehung zu bewirken ſtrebe, wie auf der nderen Seite die dreifache Kraft in der zweifachen ntfernung.

§. 73.

Eine feſte, unbiegſame Linie, welche um einen unbeweglichen nkt in ihr drehbar iſt, aber von zwei zugleich thätigen Kräften Ruhe erhalten wird, wie wir das im vorigen §. bei einer geraden ie kennen gelernt haben, nennt man den mathematiſchen ebel. Die unbewegliche Unterlage heißt dabei das Hypomoch- um, und die Theile der Linie von dieſer Unterlage bis zu den ngriffspunkten der Kräfte werden die Arme des Hebels genannt. ie Produkte aus den Hebelarmen und den daran wirkenden Kräf- n heißen bei jedem Hebel die Momente der Bewegung. Es bt geradlinichte, gebrochene und krummlinichte Hebel, deren Namen n der dazu gehörigen feſten, unbiegſamen Linie abgeleitet iſt, welche ie gerade, gebrochene oder krumme ſein kann. Und jeder von- ſen Hebeln wird entweder einarmig, oder zweiarmig genannt, je chdem die beiden dabei vorkommenden Hebelarme auf derſelben, er auf entgegengeſetzten Seiten des Hypomochliums gelegen ſind. er gebrochene Hebel heißt auch Winkelhebel, ſobald die zu- hörige gebrochene Linie einen Winkel bildet.

§. 74.

Denken wir uns einen Kreis BCE aus feſter Materie ohne chwere um ſeinen unbeweglichen Mittelpunkt A in ſeiner eigenen bene drehbar, ſo wird irgend eine mechaniſche Kraft in jedem unkte der Peripherie dieſes Kreiſes dieſelbe Drehung der Kreis- iche zu bewirken beſtrebt ſein, ſobald ſie nur jedesmal auf ganz eiche Weiſe thätig iſt. Greifen daher in den beiden beliebig ge-

wählten Punkten B und C der Peripherie des genannten Kreises ein Paar gleiche Kräfte nach der Richtung der Tangenten Bp, Cp so an die Kreisscheibe, daß sie diese gleichzeitig nach entgegengesetzter Seite zu drehen streben, so muß sie in Ruhe bleiben. In dieser Ruhe verharren also auch alle Radien des Kreises BCE, mithin auch BA, AC. Denken wir uns daher den Winkel BAC hinreichend fest und unbiegsam, so folgt hieraus schon, daß das in §. 70 kennengelernte Gesetz für den geradelinichten gleicharmigen
§. 17. Hebel auch für den gleicharmigen Winkelhebel passe. — Wählen wir ferner auf AC einen Punkt D und lassen hier, statt in C eine Kraft nach derselben Gegend q hin thätig sein, deren Größe in die Entfernung AD multiplicirt ein eben so großes Produkt gibt, wie die Kraft C in die Entfernung AC multiplicirt gab, so wird (§. 72.) die Kraft in D eben so gut der in B das Gleichgewicht halten können, wie es vorhin die eben so viel bewirkende in C that. Es wird daher ein jeder Winkelhebel BAD von den in seinen Erdpunkten B, D auf entgegengesetzte Weise um den unterstützten Scheitelpunkt A Drehung bewirkenden Kräften in Ruhe erhalten, sobald nur dabei die entsprechenden Momente gleichgroß sind.

Für die Kreisfläche BCE oder für den darin liegenden Winkelhebel BAD läßt sich auch die beliebig erweiterte zugehörige Ebene an den Platz setzen, ohne daß das Gleichgewicht dadurch gestört wird, wovon man die Richtigkeit gar nicht in Zweifel ziehen kann, sobald nur dabei stillschweigend vorauszusetzen ist, daß die Punkte B und D in Bezug auf A ihre Lage nicht ändern können, oder daß die Ebene immer so viel Festigkeit besitzt, daß die Punkte B und D sich weder A nähern, noch davon entfernen können, und der Winkel BAD unverändert derselbe bleibe. Unter dieser Voraussetzung folgt sogar noch, daß auch jede krumme oder gebrochene Linie BmAnD von hinlänglicher Festigkeit und Unbiegsamkeit — um den Punkten B,A,D dieselbe Lage, welche sie in dem Winkelhebel BAD annahmen, erhalten zu können, — ebenfalls für den Winkelhebel oder für die hindurch gelegte beliebig begrenzte Ebene an den Platz zu setzen sei, ohne dadurch das Gleichgewicht zu stören.

§. 75.

Wird ferner der in B unterstützte Winkelhebel ABC von den

beiden in A und C ſenkrecht zu den entſprechenden Hebelarm gezeigten und mit ihnen in derſelben Ebene gelegenen Kräften in Ruhe erhalten, ſo kann man dafür einen jeden anderen von den unveränderten Richtungen Ap, Cq der wirkenden Kräfte begrenzten Hebel DBE an den Platz ſetzen, und es werden dieſelben beiden Kräfte auch dieſen in Ruhe erhalten müſſen. Denn wenn wir z. B. ſtatt der geraden Linien AB, BC die gebrochenen ADB, BEC von hinreichender innerer Feſtigkeit und Unbiegſamkeit an den Platz ſetzen, ſo kann das Gleichgewicht, welches vorhin in dem Winkelhebel ABC war, dadurch nicht geſtört werden, weil die 3 Punkte ABC keine Aenderung ihrer Lage erlitten haben, und mithin der Winkelhebel ABC immer noch als wirklich vorhanden anzuſehen iſt. Die nach p und q hin wirkenden Kräfte in dem gebrochenen Hebel ADBEC ſuchen die geraden Linien AD, EC in ihren eigenen F. 18.
Richtungen zum Fortſchreiten eben ſo ſtark anzutreiben, als davon zurückzuhalten, und da wiſſen wir (§. 69.) läſſt ſich der Angriffspunkt der Kräfte an jedem Punkte dieſer Linien wählen, ohne daß dadurch die Bewegbarkeit der Linie vergrößert oder verkleinert wird. Greifen daher die beiden Kräfte in den Punkten D und E an, ſo werden ſie in AD und EC, mithin auch in DBE dieſelbe Ruhe bewirken, wie vorhin, wo ihre Angriffspunkte in A und C waren. Und nun können wir uns vorſtellen, daß DBE ein für ſich beſtehender Winkelhebel ſei, den die in D und E nach Dp, Eq wirkenden Kräfte im Gleichgewichte erhalten. Statt den Winkelhebel ABC hätte man auch einen geradlinichten Hebel wählen können, dann wären die Richtungen Ap, Eq der ſenkrecht auf die Hebelarme einwirkenden Kräfte zu einander parallel geweſen. Auch hätte man dann DBE, wie in F. 19, eine beliebige gerade Linie ſein laſſen können, wobei nach geometriſchen Gründen DB, BE in eben dem Verhältniß ſtehen, wie AB und BC, folglich wird auch das F. 19.
Product aus der in D wirkenden Kraft und aus dem Hebelarm DB eben ſo groß ſein, wie das Produkt aus der in E wirkenden Kraft und aus dem Hebelarm BE; es findet daher bei geradlinichten Hebeln mit Parallelkräften daſſelbe Geſetz ſtatt, wie bei krummen Hebeln, wo die Kräfte ſenkrecht auf die entſprechenden Hebelarme einwirken. Ueberhaupt iſt klar, daß DBE (F. 18) auch jede andere krumme oder gebrochene Linie ſein könne, ohne

daß das Gleichgewicht dadurch gestört werde, sobald nur vorauszusetzen ist, daß die Verbindung der 3 Punkte D, B, E gehörige Festigkeit und Unbiegsamkeit besitze. Daraus geht nun im Allgemeinen hervor: Ein jeder Hebel, wobei die Richtungen der auf ihn wirkenden Kräfte mit seinem Ruhepunkte in derselben Ebene gelegen sind, bleibt in Ruhe, sobald der Winkelhebel — dessen Arme die beiden Lothe sind, welche aus dem Ruhepunkte auf die Richtungen der Kräfte gefällt worden — von denselben Kräften im Gleichgewichte erhalten werden kann.

§. 76.

Verlängert man bei dem in B unterstützten Winkelhebel ABC die Richtungen Ap, Cq der senkrecht zu den Hebelarmen AB, BC geneigten und mit ihnen zugleich in derselben Ebene gelegenen Kräfte, welche im Stande sind, in ABC das Gleichgewicht erhalten zu können, so weit bis sie sich in D durchschneiden, so werden dieselben beiden Kräfte, welche in A, C angreifend, ABC in Ruhe erhalten konnten, auch in der als hinreichend fest gedachten um B drehbaren geraden Verbindungslinie DB die Ruhe bewirken, sobald
20. sie nur gleichzeitig in D angreifen und nach ihren ursprünglichen Richtungen hin unverändert thätig bleiben. Denn da die beiden Arme der Hebel, welche von jenen beiden Kräften im Gleichgewicht erhalten werden können, nur von B ausgehen und in den Richtungen Dp, Dq enden müssen, übrigens aber ganz beliebig, ja selbst in gebrochenen und krummen Linien auftreten können (§. 75.), so ist auch der Fall nicht ausgeschlossen, wo sie beide in die eine gerade Linie BD zusammenfallen. Es folgt hieraus zugleich, daß BD die Richtung der Kraft sei, welche bei allen Hebeln um B, deren Arme von Dp, Dq begrenzt werden, die Festigkeit der Unterstützung B bestimmen. Da nämlich die beiden in D angreifenden Kräfte keine Drehung um B in DB bewirken können, so müssten sie in dem Augenblicke, wo in B die Unterlage aufgehoben und die Bewegbarkeit zugelassen wäre, die gerade Linie BD in ihrer eigenen Richtung DB fortbewegen; soll daher unter den eben genannten Umständen der Punkt B und mithin die ganze Linie DB ohne Unterstützung in Ruhe erhalten werden, so muß er

der Richtung von B nach D eben so stark von der Bewegung
rückgehalten werden, als er von jenen beiden Kräften in der
ntgegengesetzten Richtung zum Vorwärtsschreiten getrieben wird.
Stellen wir uns ferner vor, daß der Punkt D gleichzeitig von den
eiden Kräften in Dp, Dq zum Fortscheiten gezwungen werde, so ist
ar, daß er eben so wenig, wie vorhin die ganze Linie DB, keine
on den beiden Richtungen Dp, Dq. allein verfolgen kann, sondern
nen mittlern Weg DB einschlagen muß. Das Auffinden der
Richtung und verhältnißmäßigen Größe des von D unter den eben
enannten Umständen einzuschlagenden Weges beruht in folgender
onstruktion und Betrachtung:

Aus B, dem Unterstützungspunkte der Hebel, welche sämmtlich
on den beiden in Dp, Dq gleichzeitig thätigen Kräften in Ruhe
halten werden können, ziehe man BE mit Dq, und BF mit Dp
rallel, so sind die Zahlen für die mit einem gemeinschaftlichen
Maße gemessenen Längen von DE, DF zugleich die verhältnißmä-
gen Zahlen für die den entsprechenden Richtungen Dp, Dq wir-
nden Kräfte, welche alle jene Hebel um B im Gleichgewichte er-
lten können. Denn wenn BA, ED, BC, DF, mit demselben
Maße gemessen und als Zahlen anzusehen sind, so ist AB mal ED
= BC mal DF, weil beide Produkte dasselbe, nämlich den Inhalt
s Parallelogramms BEDF bestimmen. Nun muß aber (§. 72.
4.) AB mit der in A thätigen Kraft multiplicirt, ein eben so
oßes Produkt geben, wie BC mit der in C wirkenden Kraft
ultiplicirt, folglich treten hier ED, DF, als Zahlen betrachtet, an
n Platz der in A, C wirkenden Kräfte. — Sind also auf den
unkt D in den beiden Richtungen Dp, Dq zwei Kräfte gleichzei-
g thätig, und macht man DE, DF gerade so groß, daß die Zahlen
rer Länge zugleich die Größe der während einer bestimmten Zeit
ätigen Kräfte repräsentiren, so wird nach dem vorhin Gesagten
e Diagonale DB des vollendeten Parallelogrammes EDFB die
Richtung der Kraft sein, welche aus der Vereinigung jener beiden
ervorgeht, und es läßt sich auch unter Voraussetzung einiger geo-
metrischen Kenntnisse nachweisen, daß die Größe dieser Diagonale
B auch die verhältnißmäßige Größe der Kraft vorstellt, welche
llein in derselben Zeit dasselbe an Bewegung bewirkt, was die
eiden vorhin erwähnten Kräfte in ihrer Vereinigung hervorzubrin-

gen im Stande sind. Indem man nämlich DB über D hinaus nach r verlängert, so ist Dr die Richtung der Kraft, welche den beiden nach Dp, Dq hin wirkenden das Gleichgewicht halten kann. Von diesen 3 Kräften, welche im Stande sind, einander das Gleichgewicht und D in Ruhe zu erhalten, müssen immer zwei zusammengenommen den Punkt D eben, so stark nach der einen Seite zu bewegen streben, wie die dritte allein genommen ihn nach der entgegengesetzten Seite zu bewegen bemüht ist. Verlängert man daher DE über D hinaus um sich selbst bis G, so wird DG die Richtung und Größe der Kraft vorstellen, welche aus der Vereinigung der beiden nach Dq, Dr thätigen hervorgeht. Ziehen wir GH mit DF parallel und verbinden wir G mit F, so ist diese Verbindungslinie GF auch mit DB parallel, weil DG mit BF parallel und gleich ist, daher muß das Viereck FDHG ein Parallelogramm sein. Es sind also DH, DF eben so als die Größen der in Dr, Dq arbeitenden Kräfte anzusehen, welche den Punkt D in der Richtung DG forttreiben wollen, wie es vorhin DE, DF in den Richtungen Dp, Dq waren, als sie den Punkt D in DB fortzutreiben bestrebt waren. Hieraus folgt nun, daß sich die von DE, DF, DH der Richtung und Größe nach dargestellten Kräfte einander das Gleichgewicht halten und den Punkt D in Ruhe lassen, sobald sie ihn gleichzeitig in Bewegung zu setzen bestrebt sind. Nun ist aber DH = DB als gleichliegende Seiten der kongruenten Dreiecke DHG, DEB, folglich muß auch DB als die Richtung nnd Größe der Kraft anzusehen sein, welche aus der Vereinigung der beiden durch DE, DF der Richtung und Größe nach dargestellten Kräfte hervorgegangen ist. — Darauf beruht nun folgender, für die ganze Mechanik höchst wichtiger Satz von Newton über das Parallelogramm der Kräfte:

Wenn auf einen Punkt D gleichzeitig zwei nach geraden Linien Dp, Dq forttreibende, beliebig zu einander geneigte Kräfte thätig sind, und man trägt von dem Ursprung D der Bewegung aus auf den entsprechenden Richtungen Längen DE, DF ab, welche die Größe der bewegenden Kräfte repräsentiren, so wird die Diagonale DB des Parallelogramms DEBF, welches aus diesen beiden Längen DE, DF

nd der zwiſchenliegenden Neigung EDF gebildet
orden iſt, die Richtung und Größe einer einzigen
raft vorſtellen, welche allein thätig in derſelben
eit dieſelbe Bewegung erzeugen kann, wie es
enen beiden nur in gegenſeitiger Unterſtützung
öglich war.

§. 77.

Wenn für die unbiegſame Linie von feſter Materie ohne
chwere, woraus wir in unſeren Gedanken den mathematiſchen He-
el gebildet haben, ein wirklicher Körper aus ſchwerer Materie an
en Platz geſetzt wird, ſo entſteht daraus der phyſikaliſche Hebel,
elcher im praktiſchen Leben von ſehr großem Nutzen iſt, weil faſt
berall, wo auf Veranlaſſung des Menſchen Bewegung erzeugt,
der vernichtet wird, auch Hebelkräfte in Anſpruch genommen wer-
n müſſen. Die einfachſte Form, in welcher der phyſikaliſche He-
l auftritt, iſt der Hebebaum, die Brechſtange, der Meißel. Bei
r Schnellwage kommt er ebenfalls in ſehr einfacher Geſtalt vor,
ad da wir uns bei den folgenden Unterſuchungen ſehr häufig auf
e Schnellwage beziehen müſſen, ſo wollen wir hier das Weſent-
hſte davon mittheilen.

Es gehört zu einer ſolchen Wage ein gewöhnlich aus Metall
earbeiteter ungleicharmiger Hebel ABC, deſſen Größe und Stärke
ach den Zwecken des Gebrauches zu beſtimmen ſind. In B ruht F. 21.
auf einer zum Aufhängen eingerichteten Unterlage BF vermit-
ſt zweier an den Berührungsſtellen zugeſchärften Zapfen B, und
war ſo, daß er ſich in vertikaler Richtung frei um die horizontale
radlinichte Schärfe des Zapfens B, wie ein Rad um ſeine Welle
wegen kann. Mitten durch den Hebel ABC iſt eine Linie, ge-
einiglich wie hier eine gerade, zuweilen aber auch eine gebrochene,
der gar krumme Linie denkbar, um welche alle Materie ſo abge-
aſſt vertheilt worden iſt, daß die ihr eigenthümliche Schwerkraft
allen Punkten des einen Hebelarms daſſelbe Beſtreben zur
Drehung um B zu erwecken im Stande iſt, wie in den ent-
rechenden Punkten des anderen Hebelarms; mithin kann der
anze Wagebalken als ein in B unterſtützter ungleicharmiger Hebel
angeſehen werden, wo in jedem Punkte des einen Arms eine zur
Drehung treibende Kraft — die Schwere — thätig iſt, welche in

der entsprechenden Entfernung vom Hypomochlium auf dem anderen Arme von einer genau passenden Kraft im Gleichgewichte erhalten wird, so daß also der Wagebalken, schon von seinem eignen Gewichte veranlasst, zu einer horizontalen, vom Perpendikel a genau bestimmten ruhigen Lage getrieben wird. An dem Endpunkte A des kürzeren Armes ist zum Auflegen oder Aufhängen der abzuwägenden Gegenstände eine Wagschale G, oder ein Haken, oder irgend eine andere entsprechende Vorrichtung angebracht. Um aber das hierdurch gestörte Gleichgewicht wieder herzustellen, so befindet sich an dem Endpunkte C des längeren Armes ein genau abgepasstes Gegengewicht in der Form eines überstehenden Knopfes, wodurch zugleich das Herabgleiten des auf BC verschiebbaren Gewichtstücks E verhütet wird. Der weitere Gebrauch der Schnellwage ergiebt sich leicht aus den Regeln des mathematischen Hebels. Wäre z. B. in G irgend ein Körper gelegt, dessen Gewicht bestimmt werden soll, und es müsste zur Herstellung des Gleichgewichtes das Laufgewicht E, welches 10 P. schwer sein mag, nach D geschoben werden, so wäre zunächst zu bestimmen, wie vielmal AB in DB enthalten ist. Angenommen, BA sei $6\frac{3}{10}$ mal so groß als AB, oder, was eben das sagen will, BD sei 63 solcher gleichen Theile lang, wovon AB nur 10 lang ist; so lässt sich sehr leicht herausfinden, daß der Gegenstand in G 63 P. wiegen müsse, weil dieses Gewicht die niederdrückende Kraft in der Entfernung 10 bei dem einen Hebelarm bedeutet, während das Zehnpfundstück E die niederdrückende Kraft in der Entfernung 63 bei dem anderen Hebelarme vorstellt, und daher 63 mal 10 = 10 mal 63 ist, also (§. 78.) den gleichen Momenten des Hebels entsprechend. Statt des Laufgewichts E pflegt man auch wohl in dem Endpunkte C eine kleine Wagschale anzubringen, welche der in A befestigten Vorrichtung zum Auflegen oder Anhängen des abzuwägenden Gegenstandes das Gleichgewicht hält, wobei man dann, wie bei einer gleicharmigen Wagschale, durch allmähliges Einlegen von Gewichten in die kleinere Schale, das Gleichgewicht mit dem am andern Arme befestigten schweren Körper hervorzubringen und das in Frage stehende Gewicht durch eine leichte, auf die Momente des Hebels gestützte Rechnung zu bestimmen sucht.

Achtes Kapitel.

Von der Attraction.

§. 78.

Die überall in der Natur anzutreffenden Erscheinungen, daß e Materie von einer ihr selbst angehörigen inneren Kraft zusam- engehalten wird, daß bei getrennten materiellen Stoffen und Kör- rn ein ihnen selbst beizulegendes wechselseitiges Bestreben — sich ander zu näheren, und, wo diesem Bestreben kein Hinderniß im ege ist, bei der Berührung an oder in einander haften zu blei- n — wahrzunehmen oder nachzuweisen ist, werden mit dem ge- einschaftlichen Namen Attraction belegt und als eine allgemeine igenschaft der Natur angesehen.

§. 79.

Wenn wir einen Stein zerschlagen, einen Holzstab durchbre- n, ein Stück Papier zerreißen wollen, so nehmen wir überall en in der Materie selbst liegenden Widerstand wahr, den wir it einem bald größeren, bald kleineren Aufwande von Körperkraft st überwinden müssen, ehe die beabsichtigte Trennung der Theile m Ganzen möglich wird, und wir werden genöthigt, anzuneh- n, daß in dem Steine, Holzstabe, Papierstücke eine Kraft vor- nden sei, welche den Zusammenhang der Materie bewirkt. Es : nun zunächst allen materiellen Körpern eine solche Kraft des usammenhanges unbedingt zuzuschreiben; denn das Annehmen und halten der begrenzten Gestalten im Raume, eine Eigenschaft, e keinem Körper fehlt, beruhet in der Kraft des Zusammenhan- s der Materie. Und wir dürfen diese innere Kraft der Materie bst dem Wasser und der Luft nicht absprechen, sobald wir nur denken, daß alle auf Erden bewegten Körper einen nicht unbe- utenden Verlust an bewegender Kraft erleiden, durch den Wider- and der Materie, in denen die Bewegung vor sich gehet. Die- r Theil der Attraction, welcher aus der der Materie selbst eige- n Kraft des Zusammenhanges hervorgeht, heißt Kohäsion.

§. 80.

Die an der Tafel sich absetzenden Kreidetheile, wenn auf jener mit reide geschrieben wird, können nicht ohne eine stattfindende An- ehung zwischen beiden sich berührenden Materien festgehalten wer-

den; das Anhängen der Thautropfen an Gewächse ist ohne eine vorauszusetzende Anziehung zwischen den sich berührenden Materien nicht zu erklären. Ist es regnichtes Wetter, so wissen wir, daß bei porösen Körpern, wie Steine, Holz, Papier, Kleidungsstücke, die Feuchtigkeit aus der Luft sich nicht bloß ansetzt, sondern sich auch hineinzieht, und es ist natürlich, daß wir dieses Hängenbleiben der Flüssigkeiten an den Oberflächen und dieses Eindringen derselben in die Poren der Körper auch eben der anziehenden Kraft zuschreiben, womit die Kreide auf der Tafel und der Thautropfen an den Grashalm haften bleibt. Denken wir uns nun, daß alle Naturstoffe, so bald sie mit einander in unmittelbare Berührung kommen, in sich selbst ein Bestreben besitzen, sich an oder ineinander festzusetzen, so bekommen wir dadurch die Vorstellung von dem zweiten Theile der Attraction, welche Adhäsion genannt wird. Aus der nachfolgenden specielleren Untersuchung werden wir finden, daß dieser Theil der Attraction eben so allgemein ist, wie der erste, und daß in den Fällen, wo seine Wirkung von unseren Sinnen nicht wahrzunehmen ist, ihm andere Kräfte entgegenwirken, welche so bedeutend stärker sind, daß er dagegen zu verschwinden scheint.

§. 81.

Den dritten Theil der Attraction bildet die Kraft der Schwere, welche einmal nur die nach dem Mittelpunkte unserer Erde hingerichtete Anziehungskraft in allen irdischen Materien bedeutet, dann aber auch unter dem Namen der allgemeinen Schwere als eine bis in's Unendliche reichende gegenseitige Anziehung aller Körper und Materien im Weltenraume ausgedehnt wird. Die meisten Wirkungen der Schwere, so weit sie zu unserer Erde gehört, können als bekannt vorausgesetzt werden, und man würde sie auch ohne Weiteres als eine allgemeine Eigenschaft der Natur anerkennen, sobald ihre Gegenwart auch noch bei solchen Materien nachzuweisen wäre, welche in ihrer freien Bewegung sich der Oberfläche unserer Erde nicht näheren, sondern davon entfernen. Es gehört z. B. der Dampf zu den Materien, welche nicht niedersinken, sondern emporsteigen; dessen ungeachtet besitzt er aber doch Schwere, und zwar eben so gut wie das Oel, welches aus einer unter Wasser getauchten Flasche fließt und emporsteigt; denn der Dampf ist nur leichter als die Luft, welche ihn umgibt, so wie das Oel leichter als

ls das Waſſer, unter dem es aus der Flaſche fließt. Aus den n unſerer Nähe wahrzunehmenden Wirkungen der Schwere könnte man leicht ſchließen, daß dieſe Kraft nur einſeitig dem Mittelpunkte er Erde beizulegen ſei und in den einzelnen Körpern und Mate= ien, welche der Erde nur als Theile angehören, keine ſolche ihnen lbſt eigene Anziehung vorkäme, daß man überhaupt die Gegenſei= gkeit dieſer Attraction in Zweifel zöge. Ein ſolcher Zweifel wird er ſogleich gehoben, wenn man bedenkt, daß die Größe der chwere immer mit der Menge der Materie, in der ſie wirkſam t, in gleichem Verhältniſſe ſteht, und mithin die ganze Erde eine das Unendliche reichende überwiegende Anziehung vor allen an= ren von uns wahrzunehmenden Erdkörpern voraus haben muß. ußerdem haben auch ſehr genaue Beobachtungen ſo überzeugende eſultate gegeben, daß die gegenſeitige Schwerkraft aller zur Erde örigen Materien als vollkommen bewieſen angeſehen werden darf. Als an nämlich einſt bei der Süd und Nordſeite des nahe am Aequator legenen Chimborazo aſtronomiſche Meſſungen vornahm, ſo ent= ckte man an dem Lothe der dazu nöthigen Inſtrumente jedesmal n dem Berge zugewandtes Ablenken von der vertikalen Richtung, nd nach ſorgfältig angeſtellter Prüfung ergab ſich denn, daß die Urſache n dieſer merkwürdigen Erſcheinung nur in der Anziehung des erges liegen konnte. Aehnliche Wahrnehmungen ſind auch in chottland in der Nähe des Berges Shehallien gemacht worden. — ie allgemeine Schwere iſt eine Entdeckung Newtons, und ſie ruht auf der einfachen, in ihren Anwendungen aber in's Unend= che ausgedehnten, erhabenen Hypotheſe dieſes großen Mannes, daß, ie unſere Erde, auch andere Welten eine eigene, nach den zugehö= gen Mittelpunkten ſtrebende Anziehung beſitzen, womit ſie immer egenſeitig, und ſelbſt in unendlicher Entfernung, auf einander wir= n. Um von dieſer Kraft, welche ganz ein Eigenthum der höhe= n Aſtronomie und mathematiſchen Geographie iſt, durch irgend n Beiſpiel eine genauere Vorſtellung zu bekommen, ſo wollen wir ur an das Phänomen der Ebbe und Fluth erinnern, welches zu klären erſt durch die Annahme einer gegenſeitigen Anziehung zwi= hen Erde, Mond und Sonne möglich geworden iſt.

§. 82.

Die eben behandelten drei Kräfte — Kohäſion, Adhäſion

und Schwere — machen den Hauptbestandtheil der allgemeinen Attraction aus. Man rechnet freilich noch recht oft die electrischen, magnetischen und chemischen Anziehungskräfte mit hinzu, welche sie allerdings ebenfalls als Eigenthum der Materie ansehen lassen und in sehr vieler Hinsicht Wirkungen ausüben, die jenen ähnlich sind; indeß läßt sich doch das gemeinschaftliche Band, welches jene dem fast immer zu einer Einheit vereinigt, nicht ohne tiefere Kenntniß in der gesammten Naturwissenschaft mit auf diese beziehen. Hierin liegt der Grund, warum die electrischen, magnetischen und chemischen Anziehungen passender als besondere Naturkräfte angesehen und selbst ihre allgemeine Eigenschaften in besonderen Abschnitten der speciellen Physik untersucht werden. — Die Adhäsion ist erst in neuerer Zeit als ein besonderer Theil der Attraction angesehen worden. Man war früher der Meinung, daß sie nur eine Wirkung der allgemeinen Schwere sei, indeß lassen sich eben so viele Gründe gegen eine solche Ansicht als dafür aufstellen. Auch ward sie in neuere Zeit so wenig von der Kohäsion unterschieden, daß man sie erst da der Mühe werth hielt, einen besondern Namen dafür einzuführen, als genauere Untersuchungen zu einer sehr großen Anzahl höchst wichtiger Entdeckungen geführt hatten.

§. 83.

Es kann nicht schwer fallen, in der Attraction eine allgemein nothwendige und nützliche Eigenschaft zu erkennen, da sie das Dasein und die Erhaltung der ganzen Welt bedingt und so die Hauptstütze aller geistigen und körperlichen Thätigkeit des Menschen ausmacht. — Die Kraft des Zusammenhanges in der Materie ist die Erhalterin der Grenzen bei den Gestalten in der Natur; sie wird hierdurch die erste Veranlassung zu dem Entstehen und Erhalten und zur Mannigfaltigkeit der Körper. Die Existenz unserer ganzen Erde mit allen ihr angehörigen Körpern ist daher sehr wesentlich von dem Zusammenhange der Materie abhängig. Um den praktischen Nutzen der Kohäsion für den Menschen nachzuweisen, so darf man nur daran erinnern, daß alle Werkzeuge, Geräthschaften und Instrumente der Handwerke, Fabriken und Künste hauptsächlich in der entsprechenden Festigkeit der Stoffe, aus denen sie bereitet werden, und in der zweckmäßigen Form ihre eigentliche Nützlichkeit besitzen, und daß beides Eigenthum der Kohäsion ist. In

r Festigkeit der Steine und des Holzes liegt der Hauptgrund, arum sich diese Stoffe so trefflich zu allen Arten von Bauten gnen. Unsere Kleidungsstücke, Möbeln, Küchen- und Hausgeräth, sitzen gerade in der Haltbarkeit, das heißt in der Festigkeit des usammenhanges der Materie, ihren eigentlichen Nutzen.

§. 84.

Wir wollen nun auch bei dem zweiten Theile der Attraction, r Adhäsion, untersuchen, ob ihr gleichfalls ein solcher Werth beielegt werden kann, wodurch sich eine eben so große Wichtigkeit ür die ganze Natur und ein bedeutend praktischer Gewinn für en Menschen herausstelle, als wir es bei der Kohäsion haben nnen gelernt. Das Wachsen und Gedeihen der Früchte auf dem elde findet seine erste Bedingung sowohl in dem befruchtenden Re-n, als in dem erquickenden Thaue, und es ist die Adhäsion, elche diese Flüssigkeiten an den Blättern, Blüthen und Früchten thält, welche sie von der Erde aufnehmen läßt, den Wurzeln Gewächse zuführen, und den Umlauf der Säfte im Innern Pflanzen fördern hilft. Erkennen wir hierin schon eine wesente Nothwendigkeit der Adhäsion zur Erhaltung aller Gewächse Erden, so werden wir uns noch viel mehr von der grot Nützlichkeit dieser Eigenschaft überzeugen, wenn wir erwägen, iefern Künste und Gewerbe davon abhängig sind. Ist es nicht Adhäsion, welche die Dinte in der Feder und auf dem Pare festhält, welche Maler, Färber und Drucker sowohl zur Betung der Farben und Druckstoffe, als auch zur Verwendung rselben in jedem Augenblicke bei ihrem Geschäfte in Anspruch hmen müssen? — Mörtel, Kitt, Leim, Kleister, Politur und ck sind dem Maurer, Glaser, Tischler, Buchbinder und unihlig vielen anderen Handwerkern eben so unentbehrlich, wie dem chneider die Nadel, und es besteht doch die wesentliche Eigenschaft eser wichtigen Hülfsmittel lediglich in der hervorragenden Adhäsion, omit sie sich an feste Körper anhängen und dann bei dem Zusamenfügen derselben das Geschäft der Kohäsion übernehmen. Das ergolden, Versilbern, Verzinnen, Plattiren, Löthen, Zusammenhweißen sind sehr wichtige Geschäfte auf dem weiten Felde der dhäsion, wodurch fast alle Metallarbeiter einen reichen Segen an rüchten für ihr Fortkommen in der Welt einerndten. — Ohne

diese Kraft wäre freilich auch das Schmutzigwerden der Kleidungsstücke, das Bestäuben der Wände, Gardinen und Meublen in den Zimmern, das Blindwerden der blanken Geschirre, der Spiegel und Fenster nicht möglich, und man könnte, von dieser Seite betrachtet, gerade in der Adhäsion auch einigen Nachtheil für den Menschen erkennen. Aber ein solcher Nachtheil ist in mancher Beziehung nur scheinbar; denn in dem Waschen, Abstäuben, Putzen, und überhaupt in der Reinlichkeit, finden ordnungsliebende Menschen, besonders gute Hausfrauen, immer nur eine angenehme Berufspflicht.

§. 85.

Die Schwere insofern sie als Centralkraft nur unserer Erde angehört, bewirkt auf dieser das Dableiben aller materiellen Stoffe, welche an ihrer Oberfläche nicht durch ein starkes Band der Kohäsion oder Adhäsion verbunden sind. Denn durch die tägliche Umdrehung der Erde um ihre Axe entsteht eine sehr mächtige Schwungkraft, welche dahin strebt, alle Materie dieses Weltkörpers immer weiter und weiter von der Axe zu entfernen, und die um so stärker wird, in je größerer Entfernung von der Axe sie wirksam ist, daher würden Menschen, Thiere, Wasser, Luft und alles Materielle, was mit der Erde an ihrer Oberfläche kein stark zusammenhängendes Ganze bildet, von ihr hinweggeschleudert werden, sobald ihr nicht gerade in der Schwere eine noch stärker zum Mittelpunkte der Erde hintreibende Kraft entgegenarbeitete. Es ist die Schwere, welche Menschen und Thieren beim Gehen, Stehen, Sitzen, Liegen und überhaupt bei allen freien körperlichen Bewegungen eine gar nicht zu entbehrende Stütze verschafft, welche unseren Wohnungen den Hauptbeitrag zum Feststehen gibt, und bei den Gewölben der Kirchen, Brücken und Keller die Möglichkeit zuläßt, daß sie nicht allein in sich selbst eine Stütze finden, sondern auch noch Haltbarkeit zum Tragen sehr bedeutender Lasten übrig behalten. Wie wichtig ist die Bestimmung der Größe durch das Gewicht für Handel und Gewerbe, für Künste und Wissenschaften. Die Wirksamkeit der meisten Maschinen, mögen sie von lebenden oder mechanischen Kräften in Bewegung gesetzt werden, findet in der Schwere einen fortwährend thätigen Beistand. Um eine solche Behauptung mit Beispielen zu unterstützen, so denke man nur an das Arbeiten der Gewichtsuhren, Mühlen, Eisen- und Kupferhämmer, Dampf-

ıschinen und Wasserpressen, und man wird finden, daß hierbei Schwere der Gewichtsstücke, der Mühlsteine, Hämmer, Schwung- der, des Wassers einen Hauptpunkt der Wirksamkeit ausmacht. ei den beladenen Wagen und Schiffen liegt die Leichtigkeit der ewegung, so wie die Sicherheit des aufrechten Standes in dem rgfältig unterstützten Gewichte der Ladung. Und allgemein beruht e Anwendung der Geräthschaften aller Gewerbe auf einer zweck- äßigen Unterstützung und Benutzung der Schwere. — Wir haben un bei unserer Erde die Schwerkraft als eine unbedingt nothwen- ige und nützliche Eigenschaft erkannt und schätzen gelernt, in noch iel höherem Grade werden wir aber auch von der Wichtigkeit der llgemeinen Schwere überzeugt sein, sobald wir nur bedenken, daß iese in der Verbindung aller Welten ein eben so bewunderungs- ürdiges Ganze bewirkt, wie die Erdschwere alles Irdische zu einer nauflöslichen Einheit verknüpft. Die Erde verdankt ihre Gestalt, age und Bewegung im Weltenraume der allgemeinen Schwere. Ohne diese Kraft wäre weder ein Wechsel zwischen Tag und Nacht, och zwischen den Monaten und Jahreszeiten möglich, und es fehlte nithin der Erdoberfläche an der allerwichtigsten Bedingung ihrer berall möglichen Fruchtbarkeit und Bewohnbarkeit.

1. Kohäsion.

§. 86.

Es zeigt sich diese Eigenschaft, welche wir jetzt etwas specieller ehandeln wollen, bei verschiedenen Materien in sehr verschiedenen Graden, und liefert gerade hierdurch Merkmale und Eigenthümlich- eiten, welche zur Unterscheidung und Klassification der Naturstoffe anz unentbehrlich sind. Eine Materie wird **fest** genannt, wenn ie Kohäsion in ihr eine selbstständige körperliche Gestalt erhalten ann, an der sich von dem Menschen durch Hauen, Stoßen, Schnei- en und überhaupt durch mechanische Arbeiten, wobei ein Wegneh- nen von materiellen Theilen vorkommt, allerlei Umformungen vor- ehmen lassen. Zu diesen festen Materien gehören z. B. Stein, olz, Wachs, Butter. Alle anderen Materien, denen diese Eigen- chaft der Festigkeit, die Körperlichkeit fehlt, heißen **flüssig**. Bei en flüssigen Materien ist die Kohäsion viel geringer als bei den esten Naturstoffen, und sie erlaubt ihnen eine ganz eigenthümliche,

leichte Verschiebbarkeit und Bewegbarkeit der Theile, welche das Fließen genannt wird, wodurch sie ganz von selbst, ohne mechanische Mittel, die innere Form von den Behältern annehmen, in denen sie als begrenzte Größen aufbewahrt und gemessen werden können. So sind z. B. Oel, Wasser, Dampf und Luft Flüssigkeiten, so lange sie nicht zu körperlichen Stoffen erstarrt sind, wie dies bei den ersten beiden schon durch eine mäßige Kälte möglich wird. Festigkeit und Flüssigkeit sind ein paar entgegengesetzte Zustände der Materie; sie haben aber von derselben inneren Kraft des Zusammenhanges ihren Ursprung, so wie Hitze und Kälte widerstreitende Eigenschaften der Materie sind, obschon beide derselben Wärme ihr Dasein zuzuschreiben haben; und so wie hier der Gegensatz nur in dem Ueberfluß und Mangel an Wärmestoff liegt, so geht er dort aus der größeren und geringeren Kohäsion hervor. Die Vorstellungen von Festigkeit und Flüssigkeit der Materie erlangen wir durch unmittelbare Anschauung, und sie lassen sich eben so wenig wie die Empfindungen von Hitze und Kälte durch eine bloße Beschreibung in uns hervorrufen. Durch den fortwährenden Umgang mit der Natur und den Menschen hat man sich aber ein fast nie trügendes Urtheil verschafft, welches augenblicklich darüber entscheidet, ob eine uns vorliegende Materie zu den festen oder flüssigen zu zählen sei. Wenn uns Mehl vorgelegt wäre, so würden wir keinen Augenblick Anstand nehmen, es zur Klasse der festen Materien zu zählen, obgleich sich Flaschen damit anfüllen lassen und es wegen der leichten Verschiebbarkeit seiner Theile ohne merkliche mechanische Beihülfe die innere Form der Flasche anzunehmen im Stande ist. Wollten wir den Grund dieser Entscheidung, auf obige Erklärung gestützt, in Worten ausdrücken, so müßten wir sagen, daß dem Mehle auch selbstständige Formen gegeben werden können; denn man kann z. B. große und kleine Haufen daraus bilden und allerlei bleibende Vertiefungen hineindrücken, und man kann von den so gebildeten Körpergestalten Theile hinwegnehmen, so daß merkliche Lücken entstehen, ohne daß dadurch die selbstständige körperliche Existenz des Zurückgebliebenen aufgehoben wird. Bei einer Seifenblase, einer Wolke, könnte man für den ersten Augenblick zweifelhaft sein, ob sie nicht eher zu den festen als flüssigen Naturstoffen zu zählen wären, denn sie bewahren eine ihnen eigne körperliche Ge-

stalt. Eine genauere Prüfung hebt aber sehr bald jeden Zweifel auf; denn die Festigkeit der Seifenblase könnte nur in ihrer Hülle liegen, weil man bei der davon eingeschlossenen Luft vom Gegentheil überzeugt ist; und in der Hülle kann sie nicht liegen, weil uns kein mechanisches Mittel bekannt ist, wodurch sich irgend ein Theil von ihr hinwegnehmen ließe, ohne daß sie dadurch augenblicklich wieder in die ursprünglich tropfbare Flüssigkeit zusammensänke. Was wir hier von der Seifenblase gesagt haben, gilt ebenfalls auch für jedes kleine Dunstbläschen, woraus Wolken zusammengesetzt sind, also auch für die Wolken selbst.

§. 87.

Die Flüssigkeiten werden wieder eingetheilt in tropfbarflüssige, ausdehnsame oder luftförmigflüssige und in unwägbare Materien, je nachdem hierbei die Kohäsion wie beim Wasser in kleinen Theilen noch die Form der Tropfen erhalten kann, oder ein Auseinandergehen und Verfliegen der Theile bis in's Unendliche gestattet, wie bei der Luft und der Wärme. Die vier von der Kohäsion abhängigen Grade der Materie, wonach sie entweder fest, oder tropfbar-, oder luftförmig-, oder unwägsamflüssig ist, nennt man die Aggregatszustände der Materie, und man vermuthet, daß Aristotele's sogenannten vier Elemente Erde, Wasser, Luft und Feuer nichts Anderes zu bedeuten gehabt haben, als diese Aggregatszustände. Man sagt auch von einer Materie, daß sie den Aggregatszustand verändert habe, wenn sie von irgend einem der vier Kohäsionsgrade in einen anderen übergegangen ist. Dies ist z. B. bei Wasser der Fall, wenn es zu Eis geworden; oder bei Metall, wenn es schmilzt, oder bei Luft, wenn dieselbe unter Licht und Wärme Erscheinungen verbrennt.

§. 88.

So wie eine nähere Beurtheilung des Zustandes der Flüssigkeit nach dem Grade der Kohäsion zu verschiedenen Abstufungen geführt hat, so ist dies in eben der Hinsicht auch bei festen Materien der Fall. Untersuchen wir die Festigkeit nach der Biegsamkeit und Brechbarkeit, so nennen wir Materien hart oder spröde, die bei dieser Prüfung schwer zu beugen und entweder schwer, oder leicht zu brechen sind; dagegen sagen wir von ihnen, daß sie zähe

oder weich ſind, ſobald ſie ſich leicht biegen, aber entweder ſchwer, oder leicht brechen laſſen.

Daß auch die Elaſticität der Materie ſowohl im feſten als flüſſigen Zuſtande eine Wirkung der Kohäſionskraft ſei, iſt nicht in Zweifel zu ziehen; indeß enthalten wir uns hier davon zu ſprechen, weil ſie als eine höchſt wichtige allgemeine Eigenſchaft der Natur anzuſehen iſt, und als ſolche am paſſendſten auch auf eine beſondere ausführliche Behandlung Anſpruch machen kann.

§. 89.

Genauere Ausmeſſungen der Kraft des Zuſammenhangs der Materie feſter Körper ſind für's praktiſche Leben von der größten Wichtigkeit. Um ſich hiervon zu überzeugen, darf man nur daran denken, welchen Werth Baumeiſter hierauf zu legen haben, damit ſie die Haltbarkeit ihrer Werke genau erkennen und ſo das Menſchenleben vor Gefahren bewahren können, welche ſo leicht durch das Einſtürzen von Gebäuden und Brücken, oder durch das Zertrümmern und Zerplatzen der Maſchinen hervorgebracht werden. Es kann nun die Feſtigkeit eines Körpers an ein und derſelben Stelle durch ziehende, durch biegende, durch drückende und durch drehende Kräfte erprobt werden, und hiernach beſitzt der Körper an einer ſolchen Stelle

1. Zugfeſtigkeit oder abſolute Feſtigkeit.
2. Bruchfeſtigkeit oder relative Feſtigkeit.
3. Druckfeſtigkeit oder rückwirkende Feſtigkeit.
4. Drehungsfeſtigkeit oder Torſionsfeſtigkeit.

Recht erfreulich iſt es nun, daß ſich mehrere berühmte Männer angelegentlichſt damit beſchäftigt haben, durch ſorgfältig angeſtellte Verſuche die Feſtigkeit der im praktiſchen Leben am meiſten gebrauchten Materialien auszumeſſen und auf beſtimmte Zahlen zu bringen.

§. 90.

Eitelwein prüfte die Zugfeſtigkeit des Holzes auf folgende Weiſe. Er wählte von Baumſtämmen, welche zwei Jahre vorher gefällt und in dieſer ganzen Zeit fortwährend im Trocknen aufbewahrt waren, zwiſchen Kern und Splint recht geſunde, aſtfreie Holzſtücke, und ließ daraus ganz gleiche vierkantige Körper formen,
F. 22. von der Geſtalt AB in Fig. 22. Der mittlere dünnere Theil ab

ar 6 Zoll lang und überall gleich dick, ſo daß jeder, auf ſeiner
en Faſern paralleler Länge ſenkrechte Durchſchnitte ein Quadrat
on ½ Zoll Seite gab. An beiden Enden lief ein ſolcher Stab
i ganz gleiche, etwas dickere Knöpfe aus, um welche, vermittelſt
Schrauben, zuſammenziehende, genau anſchließende eiſerne Ringe
efeſtigt waren, damit die gleich weiter unten zu erwähnenden Zan-
en auf gehörig feſte Angriffspunkte trafen. Die Zugkraft ward
urch eine Schnellwage CDE bewirkt und gemeſſen, welche letztere F. 23
i einem aus Balken zuſammengeſetzten Gerüſte AB an einer ſtar-
en Kette aufgehängt war. Von dem kürzeren Arme C dieſer
Schnellwage reichte die an einer ähnlichen Kette befeſtigte eine
ange F bis zu dem oberen Ringe an dem zu unterſuchenden
olzſtab, während der untere Ring von einer am Boden des Ge-
üſtes ebenfalls mit einer Kette befeſtigten zweiten Zange G erfaſſt
nd ſo der zwiſchenliegende Körper FG von beiden Zangen feſtge-
alten wurde. Auf dem längeren Arme der Schnellwage ließen
ich zwei Gewichte E und D verſchieben, wovon das kleinere E
loß dazu diente, den unter C angebrachten Ketten, Zangen und
Ringen das Gleichgewicht zu halten; das größere D dagegen durch
llmähliges Entfernen von C in der ganzen Vorrichtung CFGB die
eabſichtigte, immer ſtärker auseinander ziehende Kraft entwickelte und
uletzt den ganzen Verſuch damit endigte, daß es dem Körper zwi-
chen FG zerriß.

§. 91.

War der zwiſchen F und G angebrachte Körper aus Stein-
ichenholz geformt, ſo muſſte das Laufgewicht D ſo weit zurückge-
choben werden, bis in C eine 5 bis 6000 Pfund ſtarke emporhe-
ende Kraft erzeugt wurde, welche dann das Zerreißen des Stabes
ewirkte. Unter übrigens gleichen Umſtänden beſitzt das Buchsbaum-
holz faſt eine noch einmal ſo große Zugfeſtigkeit, als das ebener-
wähnte Eichenholz, und dieſes iſt in eben der Hinſicht wieder dop-
pelt ſo ſtark, als das Holz der Rothtanne, welches ſelbſt noch um
den dritten Theil ſchwächer iſt, als das der Weißtanne. Von der
Kiefer, Weißbüche und dem Birnbaume hat das Holz ziemlich die-
ſelbe abſolute Kohäſion wie von der Steineiche.

§. 92.

Auf ähnliche Weiſe (§. 90.) hat man auch die Zugfeſtig-

keit der Metalle bestimmt. Bei gutem Schmiedeeisen ist diese Festigkeit 3, 4, 5 mal so groß, als die des Silbers, Goldes und Zinkes; und Messing, welches ihm in dieser Beziehung am nächsten kommt, macht doch nur $\frac{2}{3}$ von seiner Stärke aus. Kupfer ist ein wenig über halb so fest, als Eisen, dahingegen fehlt der Platina sogar noch Etwas, um erst halb so fest als Eisen zu sein. Es ist eine allgemein bekannte Sache, daß unter den gewöhnlichen Metallen sich Zinn und Blei am allerwenigsten ziehen lassen; man wird sich aber doch wundern, wenn man erfährt, daß bei genauer Prüfung dem Eisen von der Zugfestigkeit des Zinnes das 16fache und von der des Bleies sogar das 43fache zugeschrieben werden muß. Durch Hämmern, Walzen und Verschmelzen wird die Festigkeit der Metalle oft um ein Bedeutendes verstärkt. So besitzt das bloß gegossene Eisen kaum $\frac{3}{5}$ so viel Zugfestigkeit, als das durch den Eisenhammer in Stangen verarbeitete Schmiedeeisen, und der gemeine Stahl, welcher aus einer Beimischung von Kohlenstoff zu Eisen entsteht, läßt sich erst mit doppelt so großer Kraft, als das gewöhnliche Schmiedeeisen, zerreißen. Um bei dieser Art der Kohäsion einen Vergleich anstellen zu können zwischen den Holzarten und den Metallen, so wollen wir nur noch bemerken, daß das Schmiedeeisen dreimal so viel Zugfestigkeit besitzt, als die Steineiche (§. 91.)

§. 93.

Es ist ferner aus diesen Versuchen hervorgegangen, daß eine Eisenstange das Zehnfache der absoluten Festigkeit von einem eben so dicken guten Hanfseile in sich schließe. In England, wo man sich wegen der ausgedehnten Schifffahrt am sorgfältigsten um die Haltbarkeit der Taue bekümmert hat, ist durch vielfältige Versuche ausgemittelt, daß die Seile, wobei die Länge der dazu verbrauchten Hanffäden um $\frac{1}{5}$ eingedrehet worden ist, die stärksten sind, daß sie bei größerer oder geringerer Spannung merklich an Festigkeit verlieren. Es ist ferner ein bekannter Erfahrungssatz, daß stark gespannte Stricke und Saiten am meisten bei feuchtem Wetter dem Zerreißen unterworfen sind, wovon wahrscheinlich der Grund darin liegt, daß bei diesen Körpern das Eindringen der Feuchtigkeit ein Aufschwellen der Materie zur nächsten Folge hat, und diese Aus-

nung in die Dicke nur durch ein Verkürzen der Länge möglich den kann, daß also auf diese Weise derselbe Fall eintritt, wo ile an Festigkeit verlieren, wenn sie zu stark zusammengedreht rden sind. Ein recht sprechendes Beispiel für das wirkliche Ver- zen der trocken angespannten und nachher angefeuchteten Seile d Stricke liegt in folgendem, sogar historisch merkwürdig gewor- en Ereignisse. Als man einst in Rom damit beschäftigt war, en Obelisk zur Ehre des Papstes Sixtus VI. aufzurichten, so igten sich die dabei in Anwendung gebrachten Seile so unerwar- stark, daß die Flaschenzüge einander zu früh, und noch ehe der belisk seinen senkrechten Stand eingenommen hatte, berührten. Man m hierdurch in große Verlegenheit; der vom versammelten Volke wartete Hauptact des Senkrechtstellens war für den Augenblick nicht szuführen, weil sich die Seile nicht mehr verkürzen ließen. Da rieth der Mechanikus Fontana auf den Einfall, die Seile an- uchten zu lassen; als dies geschehen war, verkürzten sie sich so erklich und so kräftig, daß der mehrere tausend Centner schwere belisk sich ganz von selbst in die lothrechte Lage stellte. — Von n Schnüren, welche man statt der Kette zum Feldmessen in An- endung bringt, erzählt Schwenter, daß sie bei feuchtem Wet- r in Zeit von einer Stunde sich um den 16ten Theil ihrer inge verkürzen könnten, daß also eine solche Schnur von 16 Fuß ch Verlauf der genannten Zeit nur noch 15 Fuß lang war. — ieraus erklärt sich auch, warum Taue durch einen Ueberzug von heer wohl vor dem Naßwerden und Stocken gesichert werden, er auch zugleich einen nicht geringen Grad ihrer Zugfestigkeit ein- ißen. Merkwürdig ist es indeß, wie durch ein passendes Binde- ittel die Kraft des Zusammenhanges ganz ungemein gesteigert rden kann, daß nämlich durch das bloße Zusammenleimen par- el neben einander liegender ungedreheter Hanffäden ein Körper bildet wird, der, wenn er quer durchschnitten, einen Quadrat- l Fläche besitzt, an 92000 Pfund zu tragen im Stande ist, glich eine Zugfertigkeit hat, welche der des Schmiedeeisens noch et- s übersteigt und fast 4 mal so groß ist, als die der Steineiche.

Eben so wird ein auf ähnliche Weise durch Zusammenleimen n Papierstreifen gebildeter Körper erst bei 30000 Pfund Zug- ft zerrissen. Daraus erklärt sich nun auch die verhältnißmäßig

ſehr große Zugfeſtigkeit der Spinnen- und Seidencoconfäden, welche ebenfalls (§. 36) aus vielen tauſend parallel an einander geklebten einzelnen Fäden zuſammengeſetzt ſind. Wäre es möglich, aus demſelben Stoffe und auf dieſelbe Weiſe, wie dieſe Fäden entſtanden ſind, Seile zu verfertigen von 1 Zoll Quadrat im Querdurchſchnitte, ſo beſäßen dieſe die Zugfeſtigkeit von einer bis anderthalb Millionen Pfund; denn nach genauen Verſuchen weiß man, daß ein einfacher Spinnenfaden etwas über $1\frac{1}{2}$ und ein Seidencoconfaden faſt 2 Quentchen Belaſtung zu tragen vermag, ehe er zerreißt, und daß ihre Dicke nur der zehntauſendſte Theil von einem Zoll iſt. — Bei den Unterſuchungen über die Stärke der auf verſchiedene Weiſe aus demſelben Material bereiteten gleichdicken Schnüre und Stricke hat ſich gezeigt, daß ihre Zugfeſtigkeit ſich nicht allein nach der Feinheit und mithin nach der Menge der Fäden, ſondern auch nach der Art und Weiſe der weiteren Verarbeitung derſelben richte. So wird z. B. bei dieſen Körpern die größte Zugfeſtigkeit erreicht, wenn ſie durch Stricken, Häkeln und Wirken entſtanden ſind; einen merklich tiefern Grad der Feſtigkeit erhalten ſie ſchon durch das Flechten, oder gar durch das bloße Drehen nach Art der Seiler, und am allerſchwächſten ſind ſie dann, wenn ihre einzelnen Fäden ohne weitere Verſchlingung und Zuſammendrehung ſchlank neben einander liegen. Wenn dieſe Körper aus verſchiedenen Stoffen bereitet ſind, ſo bleibt faſt kein anderer Ausweg zur Entſcheidung der Feſtigkeit über, als der unmittelbare Verſuch. Uebrigens hat ſich doch als ziemlich allgemeine Regel ergeben, daß eine ſeidene Schnur wohl dreimal ſo ſtark ſei, als eine eben ſo dicke und eben ſo gearbeitete leinene, daß eine hänfene etwa die Mitte halte zwiſchen beiden, und die baumwollene die ſchwächſte ſei; daß ferner eine Schnur von Menſchenhaar mehr Zugfeſtigkeit beſitze, als eine eben ſo dicke von Pferdehaar.

§. 94.

Aus den bisher angeführten Reſultaten über die Zugfeſtigkeit der Materie ergibt ſich hinlänglich, daß ſie ſich nicht unter eine einfache Regel bringen laſſen, nach der es möglich wäre, von irgend einem übrigens bekannten Stoffe ohne vorhergegangenen Verſuche etwas Genaues über ſeine abſolute Kohäſion beſtimmen zu können. Die Dichtigkeit der Materie, welche in manchen Fällen

ziemlich genau über diese Art der Festigkeit entscheidet, gibt aber eben so oft und vielleicht noch öfter gar kein genügendes Resultat. Es werden z. B. alle Metalle durch das Walzen und Hämmern dichter und auch fester in Hinsicht des Zuges; durch starken Frost werden aber ebenfalls alle Körper, so lange sie ihren Aggregatszustand nicht ändern, dichter, aber nicht immer auch fester; denn von dem Eisen und mehreren anderen Metallen ist es eine bekannte Sache, daß sie bei starker Kälte fast eben so leicht wie Glas zerreißen und brechen. Platina ist wohl dreimal so dicht als das Eisen, und hat dabei kaum halb so viel Zugfestigkeit als dieses; selbst Blei, welches unter den Metallen (§. 92.) die geringste Zugfestigkeit besitzt, ist fast noch einmal so dicht als das Eisen. Wollene Zeuge werden durch das Walken dichter und fester, leinene dagegen durch das Bleichen wohl dichter, aber nicht stärker, sondern merklich schwächer. Eisen und Kupfer behalten, wenn sie auf einige Minuten dem Strome von Ammoniakgas ausgesetzt sind, ganz dieselbe Dichtigkeit, indeß ist das Hervorragende ihrer früheren Kohäsion fast ganz vernichtet; sie lassen sich nach einem solchen Processe nicht allein leicht zerreißen, sondern sie sind auch bis zum Zerreiben wie Zucker spröde geworden. Wie sehr der Stahl durch das Härten überhaupt an Festigkeit gewinnt, ist bekannt; aber es ist auch ebenfalls eine von der Erfahrung der Handwerker und Künstler bestätigte Thatsache, daß dieses Metall nach jenem plötzlichen Wechsel der Temperatur merklich an Ausdehnung, aber nicht an Gewicht zugenommen, daß es also einen geringeren Grad der Dichtigkeit angenommen habe. Wenn man hierbei nun auch gern zugestehen möchte, daß durch einen solchen chemischen Act, wie das Härten, die Ordnung und Lage der materiellen Theile für die Kohäsion sehr günstig ausfalle, so bleibt es doch höchst wunderbar, daß ganz dieselbe Operation auf viele anderen Metalle entweder gar keinen, oder doch eine ganz verschiedene Wirkung ausübe. So bringt die Schnelligkeit des Abkühlens, wodurch Eisen und Stahl die Härte bekommen, in dem Golde, Kupfer, Zinn und anderen einfachen Metallen gar keine merkliche Veränderuug hervor, kehrt aber in dem Metallgemische — von 39 Theilen Kupfer und 11 Theilen Zinn — woraus die Glocken der Stubenuhren gegossen werden, die Wirkung geradezu um. Wird nämlich dieses Metall

zum Rothglühen gebracht, und dann plötzlich in kaltes Wasser getaucht, so wird es biegsam und dehnsam, und verträgt Hammer und Feile vortrefflich; hat man es dagegen langsam in der freien Luft abkühlen lassen, so ist es spröde, und lässt sich weder hämmern, noch biegen, noch ziehen. — Am Schlusse dieser Betrachtung wollen wir uns nur noch merken, daß bei demselben Stoffe die durch Versuche herausgefundene Zugfestigkeit in eben dem Verhältniß größer oder kleiner wird, wie die Fläche des Querschnitts größer oder kleiner ist. Wäre z. B. von demselben Eisenblech ein Streifen noch einmal so breit, als ein anderer, so wird man bei jenem auch eine noch einmal so große Zugfestigkeit annehmen dürfen.

§. 95.

Die anderen Arten der Kohäsionskraft wollen wir kürzer durchgehen, weil sie zum Theil mit der eben behandelten zusammenfallen, oder doch davon abhängig sind, zum Theil aber auch ihre Ausmessung schon viel höhere Kenntnisse in Anspruch nimmt, als hier vorauszusetzen sind. Zur Bestimmung der Bruchfestigkeit gab unter Anderen Tredgold den zu prüfenden Körpern die Gestalt eines Parallelepipedums, wobei jeder senkrecht durch die Seitenkanten gelegte Querschnitt ein Quadrat von einem rheinländischen Zolle war. Ein solcher Körper wurde in horizontaler Lage mit dem einen Ende in einem starken unbeweglichen Balken befestigt, und an seinem anderen freien Ende eine Wagschale aufgehängt, welche man nach und nach mit immer größerem Gewicht beschweren konnte, bis der Körper die erste Spur des Zerbrechens zeigte. War z. B. der zu prüfende Körper von Schmiedeeisen, und der Abstand des Angriffspunktes von der Unterstützung ebenfalls wie Breite und Dicke nur 1 Zoll, so gehörte eine Belastung von 18315 berliner Pfund dazu, bis der Anfang des Zerbrechens sichtbar wurde. Nach §. 92 betrug die Zugfestigkeit eines solchen Körpers von $\frac{1}{4}$ so großer Querfläche etwa eben so viel, wie hier die Festigkeit des Zerbrechens, daher ist bei Schmiedeeisen jene Festigkeit wohl viermal so groß als diese. Man hat ferner gefunden, daß das Messing nur $\frac{1}{3}$ von der Bruchfestigkeit des Eisens in sich schließe, während es in der Zugfestigkeit doch $\frac{2}{3}$ von der des Eisens betrug; daß dem Bleie, obgleich es unter den Metallen auch hier wie dort die ge-

ringste Festigkeit besitzt, doch nur eine 12 mal geringere Bruchfestigkeit eigen sei. Aus den Versuchen über die verschiedenen Holzarten hat sich im Allgemeinen noch mehr als bei Metallen eine geringere Bruch- als Zugfestigkeit ergeben. Wenn wir früher (§. 92) vom Eisen gesagt haben, daß es drei mal so fest als Eichenholz sei, so müssen wir von seiner Bruchfestigkeit bemerken, daß sie mehr als 4 mal so groß als die der Steineiche ist, und wenn wir dort der Buche ziemlich gleiche Festigkeit mit der Eiche beilegen konnten, so dürfen wir hier nur etwa auf die Hälfte davon rechnen; dagegen hat man bei der Untersuchung der Rothtanne wahrgenommen, daß ihre Bruchfestigkeit noch größer sei, als die der Eiche. — Nach den Gesetzen des Hebels erklärt es sich leicht, daß bei demselben Körper, in der vorhin erwähnten Form, die das Zerbrechen bewirkende Kraft in eben dem Verhältniß kleiner zu sein braucht, als die Entfernung des Angriffspunktes von der Unterlage zunimmt. Hiernach würde eine Eisenstange von 1 Zoll Breite und Dicke schon mit 407 Pfund zum Zerbrechen gebracht werden können, sobald nur jener Abstand $3\frac{3}{4}$ Fuß, d. i. 45 Zoll, betrüge. Die Bruchfestigkeit unterscheidet sich von der Zugfestigkeit noch darin, daß nicht bloß die Größe der Trennungsfläche, sondern hauptsächlich auch die Form dieser Fläche zu berücksichtigen ist. Nimmt diese Fläche die Gestalt eines Rechtecks an, so gibt den Hauptausschlag der Bruchfestigkeit nicht sowohl die horizontal gelegene Breite, als die vertikale Dicke; und allgemein gilt hierbei die durch Erfahrung bestätigte, aus der höheren Mechanik entnommene Regel: daß bei derselben Materie die Bruchfestigkeit immer nach der Zunahme der Produkte aus der Breite und dem Quadrate der Dicke des senkrechten Querschnitts zunimmt, aber nach dem Wachsen der Entfernung des Angriffspunktes von der Unterlage abnimmt. Hat man also von demselben Holze zwei gleich breite Bretter, wovon aber das eine noch einmal so dick ist, als das andere, so wird jenes nicht wie bei der Zugfestigkeit eine noch einmal so große, sondern eine vierfache Bruchfestigkeit besitzen. Wenn ferner eine eichene Bohle von 1 Zoll Dicke und 6 Zoll Breite in 3 Fuß weiter Entfernung vom Unterstützungspunkte höchstens nur eine Last von 679 P. zu tragen

528403

vermag, so wird dasselbe Brett in hochkanter Stellung erst bei 4074 P. bis zu dem Augenblicke des Zerbrechens belastet sein. Hohle Körper haben größere Bruchfestigkeit als massive von demselben kubischen Inhalte, sobald nur ihre Querdurchschnitte, der äußeren Form nach, ähnlich und alles Uebrige dabei unverändert bleibt. Es erklärt sich hieraus zugleich noch die verhältnißmäßig große Bruchfestigkeit bei den Stengeln, Halmen und Knochen.

§. 96.

Von den verschiedenen Apparaten, welche zur Ausmessung der Druckfestigkeit gebraucht worden sind, wollen wir den, welchen Rondelet zur Prüfung der Bausteine benutzte, etwas näher kennen lernen. In einer vertikalen starken Rinne lassen sich bei dieser Vorrichtung zwei über einander stehende, aus recht festen Schmiedeeisen geformte Würfel von 2 F. Dimension auf und niederschieben. Zwischen diese beiden Eisenblöcke wird der zu untersuchende Körper gelegt, nachdem ihm ebenfalls die Form eines Würfels, aber nur von 1 Fß. Seite, gegeben worden ist. Das untere, zur Grundlage dienende Stück Eisen wird dann vermittelst des gerade darunter reichenden kürzern Armes einer für die Abwägung sehr großer Lasten passenden Schnellwage emporgedrückt, während das obere Stück eine Schraube hinabtreibt, welche an ihrem freien Ende in eine ziemlich ausgedehnte Horizontalscheibe ausläuft, die ein ganzer Kreis oder nur ein Theil davon sein kann, und vermittelst einer darumgeschlagenen, über eine Rolle vertikal hinabgeleiteten und mit einer Wagschale versehenen Schnur in drehende Bewegung gesetzt wird. Denkt man sich nun noch hinzu, daß die beiden Wagschalen, wovon die eine an der eben genannten Schnur und die andere an dem äußeren Ende des langen Armes der Schnellwage sich befindet, nach und nach mit immer größeren und größeren Gewichten beschwert werden, so wird man in Gedanken auch den Augenblick herannahen sehen, wo die von diesen Gewichten veranlassten zusammenpressenden Kräfte allmählig so weit gesteigert sind, daß sie den zwischenliegenden Körper zerdrücken. War dieser Körper z. B. Porphyr, ein Gestein des Urgebirges, welches bei den Alten, besonders in Aegypten, zu den kostbarsten Bau- und Kunstwerken verbraucht wurde, so gehören nicht weniger als 45375 Centner Gewicht dazu, um ihn bis zum Zertrümmern zusammen-

zupreſſen. Aus der Vergleichung der auf dieſe Weiſe gefundenen großen Anzahl von höchſt nützlichen Reſultaten, fand man für die zum Bauen verwandten Steine, daß ihre rückwirkende Feſtigkeit ziemlich genau mit den Kubikzahlen ihrer Dichtigkeit in gleichem Verhältniß ſtehe. Es beträgt z. B. die Dichtigkeit des genueſiſchen Marmors $28\frac{3}{10}$, wenn die des Sandſteins 27 iſt, und es verhalten ſich die Kubikzahlen dieſer Dichtigkeiten wie 6562 zu 5698; nun geben aber die vorhin beſchriebenen Verſuche 6562 und 5650 Ctr. Druckfeſtigkeit für eben dieſe Materie, woraus alſo ein ziemlich genaues Zuſammentreffen mit jener Regel hervorgeht. Wir wollen uns ferner noch merken, daß Backſteine $\frac{1}{3}$, Gips $\frac{1}{6}$ und Kalkmörtel nur $\frac{1}{10}$ der Feſtigkeit des harten Bauſteins beſitzt, daß Gußeiſen ziemlich nur eben ſo viel Druck ertragen kann, als dieſer Stein. Gegoſſenes Zinn, ſo wie geſundes Eichenholz, haben eine doppelt ſo große Druckfeſtigkeit als Blei und Weißtannenholz, ſtimmen aber ſelbſt nur mit der Feſtigkeit des Kalkmörtels überein. — Höhere, mit den erforderlichen Verſuchen unterſtützte Forſchungen haben bei dieſer Art von Kohäſion noch zu folgendem, für's praktiſche Leben wichtigen Geſetze geführt: Die Druckfeſtigkeit ſteht bei derſelben Materie in dem Verhältniß der Quotienten zwiſchen der Zahl des Querſchnitts und der der Höhe des Körpers. Wenn alſo das gegoſſene Kupfer in der Form eines Kubikfußes erſt bei 2124 Centner Druck zerdrückt werden kann, ſo darf ein rechtwinkliches Parallelepipedum von 1 Quadratfuß Grundfläche und 36 F. Höhe ohne Gefahr des Zuſammenſtürzens kaum mit 59 Centner belaſtet werden. Daß ein aufrecht ſtehender gerader Kegel, oder eine ſolche Pyramide größeren Druck aushalten kann, als bei demſelben körperlichen Inhalte ein Parallelepipedum, oder Cylinder von eben der Höhe, iſt eine unmittelbare Folge aus dem vorhin ausgeſprochenen Geſetze. — Von den Metallen wollen wir hier noch bemerken, daß ſie durch Zuſammenmiſchen oft eine ſehr hervorragende Druckfeſtigkeit annehmen. Die Schrift der Buchdrucker beſteht z. B. aus einem Gemiſch von Blei mit Spießglanz, welches bei weitem härter iſt, als beide Stoffe für ſich. Eben ſo erlangt der zum Schießen verbrauchte Hagel ſeine das Blei bedeutend überwiegende Härte erſt durch einen Zuſatz von Arſenik. Elephanten und Ri-

noceroſſe ſollen weder mit Blei-, noch mit Zinnkugeln, wohl aber mit ſolchen erlegt werden können, welche aus einem Gemiſche von beiden Metallen gegoſſen ſind Als im Winter des Jahrs 1770 der 4 Millionen Pfund ſchwere Granitblock, worauf jetzt die Reiterſtatue Peters des Großen ſteht, aus dem Sumpfe hervorgezogen war, und bis zur Newa, welche eine halbe Meile davon entfernt, auf einer beſonders dazu eingerichteten Eiſenbahn transportirt werden ſollte, ſo zerbrachen die zum Fortrollen untergelegten eiſernen Kugeln wie Nußſchalen unter dem Tritte eines ſtarken Mannes. Kugeln aus Stahl und aus Meſſing hatten daſſelbe Schickſal. Zuletzt verfertigte man auf den Vorſchlag des Grafen Carburi Kugeln aus einem Gemiſch von Zinn, Galmey und Kupfer, welche denn die lange vergeblich geſuchte Feſtigkeit beſaßen. — Bei Holz, Kryſtallen und mehreren Gebirgsarten wird nach der Richtung der Faſern, Gefüge und Schichten die Druckfeſtigkeit oft ſehr leicht durch ein zweckmäßiges Spalten möglich (§. 26).

§. 97.

Wir kommen nun an die vierte Klaſſe der Kohäſion, nämlich an die Torſionsfeſtigkeit, und wir wollen uns dabei auf eine Vorrichtung beziehen, welche Gerſtner zur Beſtimmung dieſer Feſtigkeit bei Holz und Metall vorgeſchlagen und in Anwendung gebracht hat. Man gibt zunächſt allen zu unterſuchenden Körpern in der Form eines rechtwinklichen Parallelepipedums dieſelben Dimenſionen, und zwar ſo, daß ihr ſenkrechter Querdurchſchnitt ein beſtimmtes Quadrat, vielleicht von 1 Zoll, iſt, befeſtigt dann das eine Ende eines ſo vorbereiteten Körpers auf eine ſolche Weiſe in dem verſchiebbaren Ruckſtocke einer ſtarken Drechſelbank, daß er eine horizontale Lage annimmt und an der Seite der Unterſtützung keine Drehung um ſeine Axe vornehmen kann; das andere Ende verſieht man mit einer ziemlich ausgedehnten verticalen Kreisſcheibe, damit bei der Drehung derſelben um ihren, von dem Kern des andern Ruckſtockes unterſtützten, Mittelpunkt zugleich ein Beſtreben entſteht, den ganzen Körper um ſeine eigene Axe zu drehen. Eine ſtarke Schnur mit dem einen Ende an der Scheibe befeſtigt, geht um deren Peripherie in einer beſonders dazu angebrachten Rinne und endigt mit dem anderen vertikal hinabreichenden Ende in eine Wagſchaale. Wird auf dieſe letztere allmählig größeres und größeres Gewicht

gelegt, so fängt die Scheibe an sich zu drehen, und dreht zugleich den zwischen die Ruckstöcke gespannten Körper, so weit es möglich ist, mit um seine Axe, bis er zuletzt zerbricht. Unter den Metallen haben sich bei diesen Versuchen wieder Stahl und Eisen als die festesten ausgewiesen. Von der Eiche ist es aber merkwürdig, daß sie von allen Holzarten, welche im gewöhnlichen Leben gebraucht werden, ziemlich die geringste Torsionsfestigkeit zeigte. Ahorn- und Kirschbaumholz können fast eine doppelt so starke Drehung aushalten, als das Eichenholz; die Büche, Esche und der Apfelbaum verhalten sich in ihrer Torsionskraft zu der der Eiche immer noch wie 7 zu 4, und selbst die Tanne besitzt in dieser Art der Festigkeit ebenfalls noch einige Vorzüge vor der Eiche. In einem noch höheren Grade zeigt sich auch hier, wie bei der Bruchfestigkeit, daß röhrenförmige hohle Körper mehr Festigkeit besitzen, als ähnlich geformte massive Körper von derselben Masse und Länge (§. 95).

§. 98.

Es mögen nun einige andere belehrende Versuche hier Platz finden, wobei die Erscheinung der Kohäsion eine ungewöhnliche Ueberraschung mit sich führt, deren Erklärung zugleich auch noch zur Vervollständigung der Lehre von den eben behandelten vier Kohäsionsarten beitragen kann:

Hängt man an einer 5 bis 6 Fuß langen dünnen Schnur irgend einen schweren Körper, vielleicht eine Kanonenkugel, ganz frei auf, und zieht denselben vermittelst eines daran geknüpften dünnen Zwirnsfadens recht behutsam, bei allmählig gesteigerter Spannung etwas zu sich heran, und überlässt ihn dann sich selbst, so wird nach einiger Wiederholung dieser Operation der Körper in ziemlich starke schwingende Bewegung versetzt werden können, ohne daß ein Zerreißen des Fadens erfolgt. Wird dagegen dieser Zwirnsfaden durch eine sehr rasche Bewegung, durch einen sogenannten Ruck, in Spannung gebracht, so zerreißt er und lässt den schweren Körper in vollkommener Ruhe. Nach §. 67 gehört eine Kraft dazu, einen ruhenden Körper in den Zustand der Bewegung zu bringen, und je mehr Materie ein solcher Körper besitzt, oder je rascher seine Bewegung entstehen und fortgesetzt werden soll, um so größer muß auch jene Kraft sein. Die Kraft, welche daher erforderlich ist, den aufgehängten Körper in eine allmählig entstehende und sehr

langsam fortgesetzte Bewegung zu versetzen, kann sehr klein sein, ja sogar dem Verschwinden nahe kommen, und da sie nicht unmittelbar angreift, sondern erst durch die Spannung des Fadens fortgepflanzt und wirksam ist, so lässt sie sich genau so abmessen und allmählig mit einem Zuwachse vermehren, daß sie kleiner bleibt als die Zugfestigkeit des Fadens. Dagegen muß nun auch diese Kraft sehr groß sein, ja sie kann sogar bis in's Unendliche gesteigert gedacht werden, sobald man dem aufgehängten Körper plötzlich eine sehr rasche Bewegung mittheilen will; eben so stark wird dann auch die der Bewegung unmittelbar voraufgehende Spannung des Fadens ausfallen müssen, und wenn diese die Zugfestigkeit desselben zugleich übersteigt, so ist es eine natürliche Folge, daß der Faden zerreißt, ehe noch der aufgehängte Körper in die erst vorbereitete rasche Bewegung übergehen konnte. Der eben behandelte Versuch lässt sich aber auch noch auf folgende Weise anstellen. Man bringt an den einen Arm einer frei hängenden Wagschale statt der Schale eine bleierne Kugel von etwa 3 Pfund Gewicht und stellt das hierdurch gestörte Gleichgewicht in der Wagschale wieder her. Hierauf befestigt man an jener Kugel das eine Ende eines einige Fuß langen hänfenen Zwirnsfadens, dessen anderes Ende mit einem Zehnpfundstücke fest verbunden ist. Lässt man nun durch ein behutsames Hinabsenken des Gewichtsstückes den Faden ganz allmählig in die vertikale Lage und zu seiner Spannung kommen, so zeigt sich auf dieser Seite der Wagschale ein bedeutender Ausschlag, und man sieht, wie der ganze Apparat sich selbst überlassen bleiben kann, ohne daß ein Zerreißen des Fadens erfolgt. Sobald man aber nach dem anfangs hergestellten Gleichgewichte das Pfundstück, von seiner Schwere getrieben, einige Fuß hoch herabfallen lässt, so zerreißt der Faden, ohne daß das Gleichgewicht der Wagschale gestört wird.

§. 99.

Zu dieser Klasse von Versuchen gehört auch das Zerschlagen eines mit seinen beiden Enden auf gewöhnlichen Biergläsern, oder in Schleifen von einfachen Haaren horizontal ruhenden dürren Holzstabes von 2 bis 3 Fuß Länge und $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke, wobei die Gläser und die Haarschleifen unversehrt bleiben, sobald der Schlag nur recht schnell und möglichst kräftig auf die Mitte des Holzsta-

ausgeführt wird. Der vom Schlage getroffene Theil des Sta-
s empfängt zuerst das so plötzlich aufgedrungene Bestreben zur
chen Bewegung, so daß der Stab schon hierdurch genöthigt wird,
) zu krümmen, weil seine beiden Endpunkte wegen der spätern
ittheilung der Bewegung etwas zurückbleiben. Dieses Biegen
:d um so größer sein, je rascher und je kräftiger der Schlag
ɜgeführt wird, und es ist klar, daß es auch recht gut stärker
ɜfallen kann, als die Bruchfestigkeit dazu die Erlaubniß lässt.
einem solchen Falle muß der Stab an dem getroffenen Platze
r zerbrechen, als den beiden Enden und mithin auch ihren
ützen die Bewegung mitgetheilt werden konnte. Ist ein solcher
ab nicht zu dick und ohne zu große Bruchfestigkeit, so lässt
sich sogar ohne alle Unterstützung, während er durch die Luft
t, mit einem kräftigen Schlage zerbrechen.

§. 100.

Aus derselben Langsamkeit der Mittheilung der Bewegung,
lche bei den eben besprochenen Versuchen als die Haupturſache
merkwürdigen Erscheinungen angesehen werden muß, erklärt es
nun auch leicht, warum eine durch eine Fensterscheibe geschossene
gel nur ein einziges scharf begrenztes rundes Loch zu ihrem Durch-
ıge wähle, während die Scheibe in tausend Scherben zertrüm-
rt wird, sobald man eine solche Kugel mit mäßiger Geschwindig-
t dagegen wirft. Ein Talglicht wird zerbrochen und in Stücken
ıhergeworfen, wenn man es mit der Hand gegen eine dünne Bretter-
ınd wirft, dagegen bleibt es ganz und durchdringt jene Wand, sobald
in mäßiger Entfernung aus einem Gewehre darauf geschossen wird.

§. 101.

Treibt man die Schärfe eines eisernen Keils bis zum Fest-
en in den einen Querdurchschnitt eines nicht gar zu schwer zu
ıltenden Stück Holzes, und schlägt darauf mit einem Hammer,
er einer Axt recht stark auf den andern Querschnitt, so dringt
ı entgegengesetzten Ende der Keil, auch ohne sich an irgend
ıe Gegenlage zu stämmen, immer tiefer zwischen die Fasern
ɜ Holzes, und spaltet es zuletzt ganz entzwei. Durch jeden
chlag erhält nämlich das ganze Holzstück ein Bestreben, sich in
: Richtung des Stoßes fortzubewegen. In dem Augenblicke, wo
: ruhende Keil zu eben dieser Bewegung angetrieben wird, leistet

er, wie alle anderen ruhenden Körper, vermöge der sogenannten Kraft der Trägheit, einen Widerstand (§. 67), der um so größer ausfallen muß, je rascher und kräftiger ihm der Impuls zur Bewegung mitgetheilt wird. Ist nun dieser Widerstand größer als der Zusammenhang der vor dem Keile liegenden Holzfasern, so dringt er gerade mit diesem Ueberschusse an entgegengesetzter Kraft tiefer in das Holz hinein. Es erklärt sich aus dem Ebengesagten auch leicht folgende umgekehrte Erscheinung. Wenn Tischler, Zimmerleute, Schlosser aus einem Brette einen Nagel ziehen wollen, der so tief sitzt, daß sein Kopf sich nicht mehr mit der Zange fassen läßt, so schlagen sie dicht darneben einige Male recht stark auf das Brett, und es erfolgt gewöhnlich sehr bald das beabsichtigte Hervortreten des Nagelkopfes. Auf ähnliche Weise verfährt man, um den Zapfen aus dem Spundloche eines Fasses zu treiben.

§. 102.

Wenn man mit einem Holzstabe gegen die Spitze einer horizontal gehaltenen irdenen Pfeife schlägt, so fliegt auf der entgegengesetzten Seite der Kopf von der Pfeife und es bleibt nicht selten der ganze Stiel unbeschädigt. Die Erklärung hiervon bereitet man am passendsten durch folgendes Experiment vor. Steckt man bis zum Festsitzen ein Messer mit der Spitze so zwischen die Fasern eines Holzstabes, daß seine Länge senkrecht zu der des Stabes geneigt ist, hält hierauf den letztern in eine freie horizontale Lage, und schlägt mit einem anderen festen Körper gegen das eine Ende desselben, so verliert dadurch das Messer seine senkrechte Lage zum Stabe, und macht nach der Seite des Stoßes einen spitzen Winkel mit ihm, der um so kleiner ist, je rascher und kräftiger der Schlag ausgeführt wird. Unmittelbar, nachdem der Holzstab durch den Schlag das Bestreben zur Bewegung empfangen hat, wird auch das Messer dazu getrieben, aber seine Spitze zunächst und zugleich am stärksten, woraus denn das Zurückbleiben des anderen Theiles des Messers und das Entstehen des spitzen Winkels die nothwendige Folge ist. Der oben ausgesprochene Versuch erklärt sich nun leicht aus dem eben beschriebenen, sobald der Pfeifenkopf die Stelle des Messers vertritt, und der Pfeifenstiel die des horizontalen Holzstabes übernimmt; man darf nur noch hinzufügen, daß das Abbiegen des Pfeifenkopfes, aus seiner ursprüng-

n, in eine mehr geneigte Lage, bei dem gebrannten Thone viel leichter ein Abbrechen verursachen kann, als bei dem ſſer ein Herausziehen der Spitze aus dem Holze.

§. 103.

Jetzt wollen wir noch einige Worte von den ſogenannten wiſchen Glasthränen und den bologneſer Springkolben hier Platz en laſſen. Beide Körper ſind von Glas, und beſitzen in ihrem eren dickeren Ende eine ſo ungewöhnliche Feſtigkeit, daß ſie hier ılich ſtarke Hammerſchläge, ohne zu zerſpringen, ertragen können. cht man dagegen von dem dünnen fadenförmigen Theile der en nur ein kleines Stück ab, und wirft man in den inneren um der anderen nur einen kleinen, kaum eine Linſe großen ſchar- Splitter eines Feuerſteins hinein, ſo erfolgt plötzlich, von einer k nach Außen treibenden Kraft bewirkt, ein Zertrümmern und platzen der Körper.

In den Glastropfen oder Glasthränen — wie ſie wegen der ınlichkeit ihrer Geſtalt mit einem Tropfen oder einer Thräne annt werden — befinden ſich faſt immer einige Blaſen, und n war eine Zeit lang der Meinung, daß der ganze innere Raum es ſolchen Körpers von luftleeren, netzförmig in einandergreifenden iſchenräumen angefüllt ſei, in welche, bei dem Abbrechen eines ückes von dem oberen Theile, die äußere Luft mit ihrer bekann- ſtarken Kraft (§. 1.) eindränge, und den Zuſammenhang des ızen Tropfens vernichte. Spätere Unterſuchungen zeigten aber, dieſe Anſicht von der Sache nicht gut die richtige ſein könnte; n das Zerſpringen erfolgte auch noch eben ſo gut im luftleeren ume unter dem Recipienten einer Luftpumpe; auch machte man Erfahrung, daß ſich dieſe Körper vom unteren dickeren Ende bis in den dünnen Faden hinauf durch alle Blaſen hindurch hleifen laſſen, ohne zu zerſpringen. Außer der eben angeführ- ſind noch mehrere andere Erklärungen verſucht, wovon ſich doch e als vollkommen genügend erhalten konnte. Die Urſache hier- liegt wohl hauptſächlich darin, daß uns die innere Thätigkeit Natur, beſonders da noch ein Räthſel iſt, und wahrſcheinlich) immer bleiben wird, wo die Materie in ihrem Aggregatszu- ıde Aenderungen erleidet. — Die meiſte Wahrſcheinlichkeit beruhet folgender Darſtellung der Sache. Auf den Glashütten bereitet

man die Glasthränen dadurch, daß das zum Fluß gebrachte Glas tropfenweise in kaltes Waſſer fällt, und alſo nicht wie anderes zu Geſchirr verarbeitetes Glas, in einen beſonders dazu eingerichteten, ſtark erhitzten Kühlofen langſam, ſondern plötzlich abgekühlt wird. Aus der gebogenen Form des oberen Theiles von einem ſolchen Tropfen geht ſchon von ſelbſt hervor, daß dieſer Theil des Körpers ſpäter erſtarrt iſt, als das untere zuerſt in's Waſſer tauchende Ende. Es läſſt ſich daher vorausſetzen, die Materie des Glaſes ſei bis zum Untertauchen noch in einem, wenn nicht ganz flüſſigen, doch weichen Zuſtande geweſen. Auch ſieht man in dem Innern eines jeden unter Waſſer ſinkenden Tropfens noch einige Augenblicke hindurch eine helleuchtende, allmählig erlöſchende Stelle, woraus ebenfalls folgt, daß hier im Innern das Abkühlen langſamer vor ſich gehe, als an der Oberfläche des Tropfens. Dies läſſt ſich auch ſchon unmittelbar aus der bekannten Eigenſchaft des Glaſes, Kälte und Wärme nicht gut zu leiten, ableiten. Da nun nach der Haupteigenſchaft der Wärme die ſtärker erwärmten Theile einer Materie mehr Ausdehnung beſitzen, als die kälteren, ſo muß in dem Augenblicke des Untertauchens die äußere Hülle der Glasthräne dichter geworden ſein, als das noch fortglühende Innere, obgleich ſie noch nicht eine ſolche Dichtigkeit hat annehmen können, als wenn bei einer allmähligen Abkühlung die inneren Theile ſich zugleich mit verdichtet hätten. Dem gleich darauf folgenden Beſtreben des Zuſammenziehens der mittleren Materie eines ſolchen Körpers ſtellt nun die bereits erſtarrte Rinde deſſelben ein ſtarkes Hinderniß entgegen, daher dieſer Act nicht anders als durch eine unnatürliche Spannung zwiſchen der inneren und äußeren Materie ausgeführt werden kann, woraus wahrſcheinlich auch die als Blaſen zum Vorſchein kommenden leeren Räume ihren Urſprung haben. Ferner läſſt ſich hieraus folgern, daß eine ſolche Thräne an dem zuerſt abgekühlten dickeren Theile einen ſtarken Druck, ja ſogar Hammerſchläge, von Außen nach Innen ertragen kann, weil dadurch keine Vermehrung der Spannung ſondern ſogar eine Erleichterung derſelben herbeigeführt wird. Eben ſo leicht läſſt ſich aber auch aus der außerordentlichen Sprödigkeit des ſchnell abgekühlten Glaſes ableiten, daß bei einem Anfange zur Zerſtörung jener unnatürlichen Spannung von Oben ab — wo ſie, theils wegen der

ringeren Ausdehnung, theils wegen der späteren, aber schnelleren
bkühlung und der dadurch veranlaßten größeren Sprödigkeit, am
ichtesten aufzuheben ist — der ganze Zusammenhang vernichtet
rd, und der Körper in Staub zerfällt. Diese Eigenschaft des
rspringens verlieren die Glasthränen, wenn man sie in Kohlen-
ver zum Glühen bringt, und dann allmählig mit dem freiwilligen
rglimmen und Verlöschen der Kohlen sich abkühlen läßt, wodurch
enbar eine gleichmäßige Ausdehnung und Verdichtung erreicht werden
d mithin jene übermäßige Spannung gar nicht mehr vorkommen
n. Schlägt man einen solchen Körper vorher in weichen Thon
r Wachs, und bringt ihn dann zum Zerspringen, so bleiben die
ümmern dicht neben einander liegen, und man kann zum Theil
ch nach der Form des Bruches, welche nach einer vorsichtigen
egnahme der Hülle zum Vorschein kommt, auf die Richtigkeit
Hypothese schließen. Die Stärke der auseinander treibenden
aft erkennt man schon aus dem Brennen der Hand, in wel-
r man einen solchen Körper zerspringen läßt, welches ohne Ge-
r der Verletzung geschehen kann, weil die Scherben nicht, wie
anderem Glase, scharf ritzende Kanten und Spitzen haben. Noch
utlicher wird dies aber dargethan, wenn man das dicke Ende
es solchen Tropfens in einem hohen Bierglase von nicht gar zu
rken Wänden unter Wasser hält, und dann von dem hervorra-
den dünnen Theile Etwas abbricht; denn nun entsteht durch
s Zertrümmern der Thräne eine ordentliche Explosion, und es
die Bewegung des Wassers und die Erschütterung des Glases
mächtig, daß fast jedesmal ein Loch durch das Glas hindurch
chlagen wird.

Die bologneser Flaschen oder Springkolben unterscheiden sich,
em Aeußern nach, wesentlich von den eben behandelten Körpern,
gegen stimmen sie in ihren übrigen Eigenschaften sehr nahe mit
ander überein. Sie werden gewöhnlich aus weißem Glase be-
tet, und sind in Form einer Birne flaschenartig hohl. Auch
rden sie nicht, wie die Glasthränen, in kaltem Wasser, sondern
der kühlen, freien Luft schnell zum Stehen gebracht, wo-
ch aber, wegen der aus dem Innern derselben langsamer ent-
chenden Wärme, eine ganz ähnliche Verschiedenheit der inneren

und äußeren Dichtigkeit und mithin eine eben ſolche unnatürliche Spannung entſtanden ſein muß.

B. Adhäſion.

§. 104.

Die einfachſten Verſuche, welche zur näheren Erklärung dieſes zweiten Theils der Attraction dienen, werden mit Hülfe der ſogenannten Adhäſionsplatten bewerkſtelligt. Hierunter verſteht man Körper von wenigſtens einer ſehr eben geſchliffenen, zur gegenſeitigen Berührung dienenden Oberfläche, die außerdem auch noch mit Handgriffen und Ringen verſehen ſind, um das Zuſammenbringen und Trennen derſelben zu erleichtern. Soll das aus der bloßen Berührung feſter Körper entſtandene Zuſammenhalten durch das Gewicht gemeſſen und ſo auf Zahl reducirt werden, ſo hängt man die eine der Adhäſionsplatten ſtatt der Schale ſo an den einen Arm einer empfindlichen Wage, daß die zur Berührung abgeſchliffene Fläche nach Unten gekehrt und genau horizontal gelegen iſt. Darauf ſtellt man das Gleichgewicht der Wagſchale her, und bringt nun die erwähnte Berührungsfläche mit der eben ſo gerichteten aber nach Oben gekehrten Berührungsfläche einer zweiten Platte — welche auf einer Unterlage befeſtigt iſt, die ſich bis zur beabſichtigten Berührung empor oder hinab ſchrauben läſſt — durch Zuſammendrücken, Drehen und Wenden in gegenſeitige innige Berührung. Dann halten die beiden Körper vermöge der Adhäſion ihrer Materie zuſammen, und ein vorſichtiges Vergrößern des Gewichtes in der Wagſchale führt bei der oberen Platte allmählig eine ſo ſtark emporhebende Kraft herbei, daß die Adhäſion aufgehoben wird. War nun z. B. die obere Platte eine Zinkſcheibe von $1\frac{1}{2}$ Zoll Durchmeſſer, und die untere eine eben ſolche von Silber, ſo konnte das Aufheben der Adhäſion erſt von 21 Gran Gewicht bewirkt werden. Auf dieſe Weiſe ſind ſehr viele nützliche Verſuche angeſtellt; man iſt aber auch dabei zu der Ueberzeugung gelangt, daß hier eben ſo wenig, wie bei der Kohäſion, ein allgemeines Geſetz aufzufinden ſei, nach welchem ohne unmittelbar angeſtellte Verſuche die Größe der Adhäſion ſich beſtimmen laſſe.

§. 105.

Es ist die Adhäsion aus ziemlich wahrscheinlichen Gründen
s die Fortsetzung der der Materie inwohnenden Kohäsion anzu-
jen; wollte man aber hieraus schließen, daß sie auch immer in
en dem Maße, wie diese, eine Größe habe, so würde man zu sehr
richtigen Resultaten gelangen; denn von dem Blei wissen wir
B., daß seine Kohäsion geringer ist, als die aller anderen Metalle
92.), dagegen haben die Versuche gezeigt, daß seine Adhäsion
deutend größer ist, als bei allen anderen Metallen. Eine in der
itte durchgeschnittene und wieder zusammengedrückte Bleikugel von
Zoll Durchmesser besitzt eine Adhäsion, welche erst mit einem
wichte von 130 P. überwunden werden kann; wird dagegen
e Zinkkugel von 14 mal so großem Durchmesser auf eben die
eise durchschnitten und wieder zusammengedrückt, so macht ihre
häsion nur ungefähr den millionensten Theil von der des Bleies
s.

§. 106.

Es ist ferner aus den Versuchen über die Adhäsion hervor-
gangen, daß diese Kraft nicht allein durch die Größe der Berüh-
ngsflächen, sondern hauptsächlich durch die genauere Berührung
mehrt wird, wie dies durch das Abschleifen und durch eine ver-
ferte Bieg- und Schmiegsamkeit der adhärirenden Materien erreicht
rden kann. Platten aus Glas, Marmor, Holz geben erst, nach-
n sie eben abgeschliffen sind, einige Spuren von Adhäsion. Glas-
zeln von der Größe und Dicke, wie sie die Schuhmacher des
ends bei Licht gebrauchen, zeigen bei ihrer gegenseitigen Berüh-
ng wenig, oder gar keine Adhäsion, dagegen ist sie bei ähnlichen,
r bis zur leichten Biegsamkeit des Glases dünngeblasenen Ku-
n auffallend groß, so daß man solche Kugeln vor jedem Zusam-
ntreffen in Acht nehmen muß; denn sie setzen sich gleich so fest
einander, daß sie viel eher zerbrechen, als unbeschädigt wieder
einander gebracht werden können. Hieraus erklärt sich auch
n Theil die große Anhänglichkeit der Dunen, der Spinnen- und
idenfäden, des Gold- und Silberschaums und anderer recht dünn-
chlagener Metalle, die Beschwerlichkeit des Aufschlagens und Um-
tterns in großen Büchern von dünnen Blättern. Berührt man
e Spiegelfläche mit einer, wenn auch noch so fein geebneten, tro-

ckenen Holzplatte, so läſſt sich fast gar keine Adhäsion wahrnehmen; wird aber der horizontal gerichtete Spiegel mit recht feinen Sägespähnen von demselben Holze überstreuet, und dann umgekehrt, damit die Holztheilchen Gelegenheit bekommen, wieder abzufallen, so bleiben doch so viele Holzstäubchen sitzen, daß der Spiegel fast ganz blind davon wird. Die Kreide-, Schieferstift-, Pastell- und Bleifedertheilchen bleiben nur dadurch auf der Tafel und dem Papier sitzen, daß die abgeriebenen Theile von jenen Stoffen zugleich mit einem gewissen Drucke der Tafel und dem Papiere so nahe wie möglich gebracht werden. Das Zusammenschweißen der Metalle ist ein durch das Glühen und Schmieden veranlasstes so inniges Anschmiegen der sich berührenden Materien, daß dabei die Adhäsion beinahe den Grad der Kohäsion erreicht hat. — Bei allen diesen Versuchen kommt, ohne daß man es besonders berücksichtigt, ein Entfernen der Luft zwischen den sich berührenden Flächen vor, und man könnte daher leicht der Meinung sein, daß dieses Zusammenhalten der Körper bloß von dem äußeren Luftdrucke bewirkt werde; zur Widerlegung einer solchen Ansicht sind diese Versuche auch im luftleeren Raume mit gleichem Erfolge wiederholt worden.

§. 107.

Bringt man die an der einen Seite einer Wagschale befestigte (§. 104.) und auf der anderen in's Gleichgewicht gebrachte Adhäsionsplatte mit der Oberfläche einer Flüssigkeit in Berührung, so zeigt sich in den meisten Fällen die Kraft des Anhängens viel größer, als vorhin bei dem Zusammentreffen von bloß festen Körpern. Man könnte mit Recht den Grund hiervon in der größeren Genauigkeit des Anschließens der Flüssigkeiten an feste Körper suchen, indeß überzeugt man sich doch sehr bald, daß dies nicht die einzige Ursache sein kann; denn wenn gleich große Platten von ganz verschiedenen Stoffen mit einer und derselben Flüssigkeit auf die eben erwähnte Weise mit einander in Verbindung kommen, so bleibt doch die das Losreißen bewirkende Kraft unveränderlich dieselbe; wenn dagegen ein und dieselbe Platte mit verschiedenen Flüssigkeiten in Zusammenhang gebracht wird, so ist auch wieder die loßreißende Kraft verschieden. Es scheint also hieraus zu folgen, daß diese Art der Adhäsion sich hauptsächlich nur nach der Flüssigkeit richte, viel we-

niger aber nach den Stoffen der sie berührenden Körper. Ein Umstand ist bei diesen Versuchen noch unberücksichtigt geblieben, der aber um so weniger mit Stillschweigen übersehen werden darf, da er über die Art des Anhängens und Losreißens der Flüssigkeiten bei festen Stoffen erst das eigentliche Licht verbreitet. Es ereignet sich nämlich in den meisten Fällen, daß die auf diese Weise von einer Flüssigkeit abgerissenen Adhäsionsplatte angefeuchtet erscheint, woraus ganz offenbar folgt, wie die zum Losreißen verbrauchte Kraft nicht die Adhäsion der Flüssigkeit zur Platte, sondern die Kohäsion der flüssigen Theile unter sich aufgehoben habe. Das Anhängen der Flüssigkeit an die Adhäsionsplatte ist in solchen Fällen größer, als der innere Zusammenhang der flüssigen Materie, — mehr läßt sich aus einem solchen Versuche, in Hinsicht der Adhäsion, nicht schließen; dagegen muß das auf die Wagschale gelegte Gewicht, welches das Losreißen der Platte bewirkt hat, genau die Zugfestigkeit des flüssigen Stoffes bestimmen. Wird z. B. eine Chalcedonplatte von $10\frac{1}{5}$ Linien Durchmesser mit reinem Wasser in Berührung gebracht, so gehören 25 Gran Apothekergewicht dazu, um sie mit Hülfe der Wagschale wieder loszureißen; nimmt man Terpentin oder Weingeist, statt Wasser, so sind 15 Gran, und bei Schwefelsäure nur 10 Gran nöthig.

§. 108.

Bei einigen Flüssigkeiten findet das Naßwerden der davon abgerissenen Platten gar nicht, bei anderen dagegen nur an einigen wenigen Stellen Statt; im ersten Falle muß die Adhäsion kleiner, als die Kohäsion der Flüssigkeiten sein, und im anderen Falle sind beide Kräfte der Materie ziemlich gleich groß zu setzen. Dies hat zu dem allgemeinen Naturgesetz Veranlassung geben sollen, daß Flüssigkeiten nur zu solchen festen Körpern eine Adhäsion besäßen, welche dichter wären, als sie selbst. Ein solches Gesetz ist nicht haltbar, man müsste sonst eine fast eben so große Anzahl von Ausnahmen gestatten wollen, als eintreffende Fälle dafür anzuführen sind. An Quecksilber hängen sich allerdings die weniger dichten Adhäsionsplatten aus Glas, Holz, Stein nicht an, aber eben so wenig auch die dichteren aus Platina, Eisen und Stahl; und obgleich Wasser dichter als das meiste Holz, als Federn, Stroh und Papier, so ist doch eine auffallend starke Adhäsion zwischen diesen Stoffen gar nicht zu

verkennen; eben so ist der Talkstein bedeutend dichter als Wasser, und es kommt dessenungeachtet doch nur eine sehr geringe Adhäsion dabei vor.

§. 109.

Unter den verschiedenen Anwendungen, welche von dieser Art der Adhäsion gemacht worden sind, verdient besonders die Vera'sche Seilmaschine genannt zu werden. Man zieht nämlich Wasser empor vermittelst eines rauhen Seiles, welches um zwei vertikal über einander stehende drehbare Rollen — wovon die untere sich im Wasser, die obere aber in einem wasserdichten Behälter befindet — geleitet worden ist, und bewegt wird, wie der Scheerenschleifer einen Riemen oder eine Schnur um seine Räder spannt, und in Bewegung setzt. Das an dem rauhen Seile adhärirende Wasser wird in dem oberen wasserdichten Behälter abgestreift und aufgefangen, und wenn das Seil nicht zu dünn ist, und seine Bewegung sehr rasch vor sich geht, so ist der Ertrag des hinauf geförderten Wassers gar nicht gering. Man hat sogar in Bergwerken davon Gebrauch gemacht, um diese von dem lästigen Gerberwasser zu befreien.

§. 110.

Die Kraft des Anhängens wird besonders dann durch Flüssigkeiten vermehrt, sobald sich diese in recht dünner Schicht zwischen den Adhäsionsplatten befinden. Der Grund hiervon beruht wohl darauf, daß bei dem Trennen solcher Körper nicht allein die Kohäsion der zwischenliegenden Flüssigkeit, sondern auch noch bei den sich berührenden festen Materien die Adhäsion zu überwinden ist. Auch scheint es wahrscheinlich, daß dieses Bindemittel da, wo sich die festen Materien der Adhäsionsplatten nicht unmittelbar berühren, doch zu einer guten Leitung der anziehenden Kraft beitragen kann. Zinkplatten von 2 Zoll Durchmesser besitzen im trockenen Zustande eine kaum wahrzunehmende Adhäsion, taucht man sie aber vor der Berührung in's Wasser, oder macht man ihre Oberflächen durch den bloßen Hauch etwas feucht, so halten sie so fest an einander, daß 920 Gran Gewicht erforderlich sind, sie wieder von einander zu trennen. Eine noch weniger wahrzunehmende Adhäsion besitzen im trockenen Zustande Platten von ungeschliffenem Fensterglase, wer-

den sie aber vor der Berührung angefeuchtet, so halten sie mit 600 Gran Gewicht an einander.

§. 111.

Ist bei solchen Fällen das Bindemittel zugleich von der Art, daß es aus einem anfangs flüssigen Zustande durch Abkühlen oder Verdünsten in eine feste Materie übergeht, so muß natürlich das schon durch die Flüssigkeit vergrößerte Zusammenhalten, bei dem Erstarren derselben, noch bedeutend vermehrt werden; denn eine feste Materie unterscheidet sich von einer flüssigen hauptsächlich in einer überwiegenden Kohäsion ihrer Theile. Um dies durch Versuche zu bestätigen, so wählte Muschenbroek auf ähnliche Weise, wie die vorhin beschriebenen Adhäsionsplatten, Cylinder aus verschiedenen Material, wobei die ebengeschliffenen und polirten Berührungsflächen von beinahe 2 Zoll Durchmesser, nach vorhergegangener Erwärmung in Rindstalg getaucht und an einander gedrückt wurden. Das weiche Eisen hielt dadurch so fest an einander, daß nicht weniger als 300 ℔ Gewicht erforderlich waren, um das Losreißen bewirken zu können. Besonders aus dieser Art der Adhäsion zieht man im praktischen Leben beim Löthen, Verzinnen, Vergolden, Mauern, Kitten, Leimen, Siegeln einen ungemeinen Nutzen. Die Zinnfolie hinter den Glasspiegeln hat ihren ungewöhnlich schönen metallischen Glanz und die starke Adhäsion zum Glase erst durch ein Anfeuchten mit Quecksilber und durch das Verdunsten des überflüssigen Queckſilbers erhalten. Bemerkenswerth ist hierbei noch die hervorragende Kohäsion, welche der verhärtete Drüsenschleim einer gewöhnlichen Gartenschnecke annimmt, wodurch man sogar im Stande ist, zerbrochenes Porzellan und Glas dauernd fest zusammen zu kitten.

§. 112.

Bringt man auf eine gereinigte horizontale Glasplatte einen Wassertropfen, so fließt er auseinander, und man sieht ganz deutlich, wie die von der Schwere des Wassers unterstützte Adhäsionskraft, womit das Glas die berührenden Wassertheilchen festhält und die nahegelegenen zu sich heranzieht, immer mehr und mehr zur Abplattung der Kugelgestalt und zur Aufhebung des innern Zusammenhanges des Tropfens beiträgt. Bei einem Queckſilbertropfen, den man auf ähnliche Weise mit einer solchen Glasplatte in Berührung

gebracht hat, findet das Auseinanderfließen desselben nicht Statt, dagegen zeigt sich das von der Kohäsionskraft des Queckſilbers ausgehende Beſtreben, die Kugelgeſtalt beizubehalten, als überwiegend; die Kraft der Schwere trägt erſt dann merklich etwas zur Abplattung des Tropfens bei, wenn dieſer die Größe des Waſſertropfens bedeutend überſteigt, und ein Anhängen an die Glasplatte iſt gar nicht merklich. Läſſt man aus einem mit Waſſer gefüllten Medicinglaſe, oder aus einer anderen kleinen Glasflaſche recht vorſichtig einen Tropfen herausfließen, ſo bleibt dieſer ſo lange an dem Rande des Glaſes hängen, bis er, allmählig vergrößert, ein größeres Gewicht angenommen hat, als er eine Kohäſionskraft beſitzt, wo ſich dann ein Theil davon losreißt und als ſelbſtſtändiger Tropfen herabfällt, während der andere Theil ſitzen bleibt und ſich wieder zu einem neuen Tropfen zuſammenzieht. Ein ſolcher Verſuch ſtellt recht augenſcheinlich die gleichzeitige Wirkſamkeit der Adhäſion, der Kohäſion und des Gewichtes und den gegenſeitigen Kampf derſelben dar; zugleich gewinnt man auch die Ueberzeugung, daß die Adhäſion des Waſſers zum Glaſe merklich größer iſt, als die Kohäſion dieſer Flüſſigkeit. Wäre in einer ſolchen Flaſche Queckſilber geweſen, ſo würde man ſich auf eben die Weiſe überzeugt haben, daß dieſe Flüſſigkeit gar keine wahrnembare Adhäſion zum Glaſe habe, daß das Losreißen eines Tropfens vom Ganzen als Folge eines Kampfes zwiſchen der Kohäſion und der Schwere des Queckſilbers anzuſehen iſt. Aus dieſen Verſuchen erklärt ſich auch, warum die Oberfläche des Waſſers in einem reinen Trinkglaſe an den vertikalen Seitenwänden immer etwas *höher* ſteht als in der Mitte, und warum unter denſelben Umſtänden Queckſilber gerade umgekehrt an eben jenen Stellen *tiefer* ſteht, als in der Mitte des Glaſes. Von den 3 Kräften Adhäſion, Kohäſion und Schwere, welche in der Nähe der vertikalen Seitenwand des Gefäßes gleichzeitig auf die Oberfläche der Flüſſigkeit einwirken, iſt bei dem Waſſer die erſte, dagegen bei dem Queckſilber die zweite als die überwiegendſte anzuſehen, und es iſt das Gleichgewicht derſelben nicht anders denkbar als daß der Ueberſchuß an Kraft im erſten Falle durch ein höheres Anhängen an die Seitenwände des Gefäßes und im zweiten Falle durch ein ſtärkeres Ineinanderziehen der flüſſigen Materie ſeine Beſchäftigung und Beruhigung findet.

§. 113.

Bei den eben erwähnten Versuchen mit Queckſilber (§. 112.) war von Adhäſion ſo wenig wahrzunehmen, daß ein wirkliches Vorhandenſein derſelben ſogar gänzlich bezweifelt werden könnte, welches dann gegen die Allgemeinheit dieſer Eigenſchaft ſpräche; genauere Nachforſchungen hierüber haben aber alle Zweifel aufgehoben. Füllt man nämlich eine, an beiden Enden offene, hufeiſenförmig gebogene enge Glasröhre etwas mit Queckſilber, ſo ſtellen ſich bei eingetretener Ruhe die beiden oberſten Flächen dieſer Flüſſigkeiten in dieſelbe Horizontalebene. Wird nun eine ſolche Röhre, nachdem ſie an dem einen Ende etwas tiefer hinabgebogen worden, recht vorſichtig wieder zu ihrer früheren Lage emporgerichtet, ſo bilden die Queckſilberſpiegel kein genaues Niveau mehr, und es ſteht der in dem vorher tiefer hinabgebogenen Arme immer etwas höher, als der andere. Für eine ſolche Erſcheinung läſſt ſich nicht gut eine andere Urſache, als die des Hängenbleibens des Queckſilbers an den Seitenwänden der Röhre auffinden; ſo wie die geringere Wölbung des höheren Spiegels und die ſtärkere Wölbung des niederen deutlich anzeigen, daß das Anhängen des Queckſilbers an den Seitenwänden ſich in dem einen Arme der Röhre dem *Sinken* der Flüſſigkeit, und in dem anderen Arme dem *Steigen* derſelben entgegenſetzt. Von dem Barometer iſt es eine bekannte Sache, daß das Queckſilber darin oft erſt dann ſteigt oder fällt, wenn es durch Klopfen ein wenig erſchüttert wird, daß es bei eintretendem fortgeſetzten Steigen eine ungewöhnlich ſtarke Wölbung hat, dagegen bei dem Fallen eben ſo auffallend flach iſt, und nicht ſelten in der Mitte eine kleine Vertiefung beſitzt. Die Erklärungen von dieſen Erſcheinungen beruhen ganz auf den vorhin ſchon angeführten Gründen.

§. 114.

Taucht man offene enge Glasröhren in Waſſer oder Queckſilber, ſo beträgt das vorhin (§. 112) ſchon erwähnte Emporſteigen oder Hinabſinken dieſer Flüſſigkeiten darin, oft mehrere Zolle. Das Ueberraſchende dieſes Phänomens und die außerordentlich große Anwendbarkeit deſſelben bei dem Erklären anderer Naturerſcheinungen hat früher ſogar zur Annahme beſonderer anziehenden und abſtoßenden Kräfte geführt, wovon ſpäter, als man den Grund davon ſchon in der allgemeinen Attraction der Materie erkannt hatte,

doch noch die Namen beibehalten wurden. Es heißen nämlich die Röhren, welche ungefähr eine haardicke innere Weite besitzen, Haar- oder Capillar-Röhrchen, so wie Capillar-Attraction und Capillar-Depression die beiden Kräfte genannt werden, welche darin das Emporsteigen und Hinabdrücken der Flüssigkeiten bewirken können. Auf dem hier vorauszusetzenden Standpunkte lassen sich die Capillarerscheinungen auf folgende Weise erklären: Taucht man ein Haarröhrchen in's Wasser, so hat dieses (§. 112), wegen der überwiegenden Adhäsion zum Glase, ein Bestreben, sich an den inneren Wänden der vertikal emporgerichteten Röhre zu erheben; da nun aber in dem engen Raume der letzteren nicht Oberfläche genug vorhanden ist zur augenblicklichen Befriedigung einer solchen Kraft, so ist es natürlich, daß das Wasser höher und höher emporgezogen wird, bis die in dem obersten Saume wirkende Anziehung nach Oben dem von der Schwere und Kohäsion der Flüssigkeit veranlassten Druck nach Unten das Gleichgewicht hält. — Wird ferner eine eben solche Röhre in Queckſilber getaucht, so hat dieses, vermöge der Eigenschaft aller Flüssigkeiten, das Bestreben, die innere, mit ihm in Verbindung stehende Säule der Röhre bis zu seinem äußeren Horizontalspiegel empor zu heben, dagegen sträubt sich nun aber seine überwiegende Kohäsion auf eben die Weise, wie sie es behinderte (§. 112), daß diese Materie in einem weiten Gefäße mit vertikalen Seitenwänden eine vollkommen ebene Oberfläche annehmen konnte. Da hierbei die Adhäsion sehr gering ist, und ganz außer Acht gelassen werden kann, so muß man sich vorstellen, daß bei dem Entstehen der inneren Queckſilbersäule nur zwei einander entgegenwirkenden Kräfte thätig sind, wovon die eine, durch den Druck der flüssigen Materie im Gefäße veranlasst, den Queckſilberfaden bis zum Horizontalspiegel auszudehnen bestrebt ist, während die andere, von der Kohäsion der Flüssigkeit selbst bewirkt, denselben Faden wieder zusammenzuziehen beabsichtigt, und es ist klar, daß erst da ein Eindringen des Queckſilbers in die Röhre möglich werden kann, wo die an der Mündung der Röhre von Oben nach Unten wirkende Kohäsion kleiner geworden, als der von Unten nach Oben thätige Druck der Flüssigkeit, und daß also die Tiefe der oberen Spitze einer solchen Queckſilbersäule unter der Oberfläche der

übrigen Flüssigkeit im weiten Gefäße zugleich über den Grad der Kohäsion des Queckſilbers entſcheiden kann.

§. 115.

Es wird jetzt nicht ſchwer fallen, nach den eben kennengelernten Eigenſchaften von Waſſer und Queckſilber zu Glasröhren, ſich auch eine allgemeine Vorſtellung der Capillarität ſämmtlicher Flüſſigkeiten zu den Röhren aus allen anderen Stoffen verſchaffen zu können. Bei jeder Flüſſigkeit richtet ſich die Capillar-Attraction und Depreſſion in Röhren von verſchiedenen Materialien immer nach dem Durchmeſſer des oberſten Randes, wo ſich die flüſſige Materie an die innere Wand der Röhre anlegt, und nach der Höhe oder Tiefe der Säule über oder unter dem Horizontalſpiegel der übrigen zugehörigen Flüſſigkeit, und zwar ſo, daß das Produkt zwiſchen jenem Durchmeſſer und jener Höhe oder Tiefe immer daſſelbe bleibt, ſobald nur die Materien der Flüſſigkeit und der Röhre unverändert dieſelben bleiben. Genaue Verſuche haben z. B. gezeigt, daß das Waſſer in einer $\frac{1}{2}$ Millimeter weiten Glasröhre 60 Millimeter emporſtieg, und daß es in Röhren von 1, 2, 3 Mllm. Weite nur eine Höhe von 30, 15, 10 Mllm. annahm. In derſelben erſt genannten Röhre ſtieg Alkohol $23\frac{3}{4}$ und Terpentinſpiritus $25\frac{1}{2}$ Mllm., woraus hervorgehet, daß die Adhäſion des Waſſers zu dem Glaſe ſehr nahe $2\frac{1}{2}$ mal ſo groß iſt, als die des Alkohols, und $2\frac{1}{3}$ mal ſo groß, als die des Terpentinſpiritus.

§. 116.

Um durch Verſuche zu zeigen, daß auf den hohen oder tiefen Stand einer Flüſſigkeit in engen Röhren die innere Weite von dieſen nur gerade an der oberſten Stelle der Säule einen weſentlichen Einfluß habe, und daß die tiefer oder höher gelegenen anderen Weiten einer Röhre gar keine weitere Wirkung auf die Capillarität ausüben, ſo bedient man ſich einer trichterförmigen Glasröhre CD, welche in dem oberen, 80 bis 100 Mllm. langen Theile Cb, überall gleiche Weite von $\frac{1}{2}$ Millimeter Durchmeſſer, in dem unteren, eben ſo langen, glockenförmigen Theile bD aber eine Weite von 30 bis 40 Mllm. beſitzt. Dieſen Apparat taucht man mit dem zuletzt erwähnten Ende bis b, wo die enge Röhre anhebt, unter Waſſer, wartet den Augenblick ab, wo die Flüſſigkeit eben in die enge Röhre eingetreten iſt, und zieht dann den Apparat wieder ſo weit,

empor, bis b 50 Mlm. über dem Waſſerſpiegel AB ſteht; dann nimmt man wahr, wie die Capillar-Attraction über b hinaus noch
F. 24. ferner bis a thätig iſt, und das Waſſer noch um 10 Mlm. (wie in §. 115.) über AB ſteht, alſo ungeachtet des bedeutend weitern Theils bD doch gerade nur ſo hoch empor gezogen worden iſt, als wenn die Röhre durchgängig dieſelbe Weite von ½ Mlm. Durchmeſſer gehabt hätte. Kehrt man die Röhre CD um, ſo daß Ca unter Waſſer iſt, während aD ſich außer demſelben befindet, ſo bewirkt die Capillar-Attraction zunächſt das Emporſteigen der Flüſſigkeit bis b um 10 Mlm., und ſie würde das Waſſer noch um 50 Mlm. höher empor gezogen haben, wenn über b hinaus die Weite der Röhre noch dieſelbe geblieben wäre; ſobald aber das Waſſer in der wohl 50 mal weiteren Röhre angekommen iſt, ſo ſteigt es nur noch um 1 Mlm., und bleibt dann ſtehen. — Bringt man die Röhre in dieſer letzten Lage in ein hinreichend tiefes, mit Queckſilber angefülltes Gefäß, ſo iſt die Depreſſion in der engen Röhre außerordentlich groß, und es muß der ganze Apparat erſt ziemlich tief hinabgetaucht werden, ehe ein Eintreten des Queckſilbers in Cb erfolgt; ſobald aber bei fortgeſetzter tieferer Einſenkung die Queckſilberſäule ein wenig über b hinausragt, und anfängt, auf dem Boden der weiten Glocke bD ſich auszudehnen, ſo wird das weitere Hinabtauchen der Röhre nicht nöthig; denn es quillt das flüſſige Metall nun ganz von ſelbſt in bD hinein, und ſtellt ſich mit AB ziemlich nahe in denſelben Horizontalſpiegel.

§. 117.

Wenn Haarröhrchen von einerlei Material gleiche innere Weite haben, ſo beſitzen ſie bei derſelben Flüſſigkeit ganz gleiche Capillarität, wie verſchieden übrigens ihre anderen körperlichen Dimenſionen auch ausfallen mögen, und es iſt durch vielfache Verſuche höchſt wahrſcheinlich geworden, daß die Wirkung der Capillarität ſich nur auf die innere Oberfläche der Röhren bezieht, daß die Dicke der Seitenwände hierbei gar keinen merklichen Einfluß ausübt. Dies gibt zunächſt zur Erklärung folgender merkwürdigen Erſcheinung eine Veranlaſſung. Wenn das Innere gleichweiter, aber aus ganz verſchiedenem Material bereiteten Haarröhrchen von derſelben Flüſſigkeit durch und durch angefeuchtet worden iſt, und man taucht die ſo vorbereitete Röhre in die Flüſſigkeit, ſo ſteigt dieſe in jenen Röhren

ganz gleicher Höhe, wie verschieden dieselbe auch vorhin bei den nen Röhren ausfiel. Man muß sich hierbei die flüssigen Ue- üge der inneren Wände bei den verschiedenen Röhren als tständige Capillarröhrchen denken, dann geht das gleichhohe igen darin schon aus der Uebereistimmung der Materie und der te dieser Flussigkeitsröhren hervor.

§. 118.

Eben so wenig, wie unter übrigens gleichen Umständen die e Veränderung der Dicke der Haarröhrchen Etwas zur Verschie-)eit der Capillarität beitragen kann, eben so wenig vermag dies ein Unterschied der Länge; nur muß hierbei der besondere ausgenommen werden, wo eine solche Röhre in dem zur Ca- rität bestimmten Ende kürzer ist als das Emporsteigen, oder absinken der entsprechenden Flüssigkeit darin. Steigt z. B. sser in einer $\frac{1}{10}$ Linie weiten Glasröhre 3 Zoll hoch, so ändert diese Höhe nicht, die Länge der Röhre mag 1 Fuß, oder 10 , oder noch größer oder kleiner sein, wofern nur der zum Em- teigen bestimmte, außerhalb des Wassers befindliche Theil der- en nicht kürzer als 3 Zoll ist. Wenn dies letztere der Fall sollte, so erhebt sich die Flüssigkeit in einer solchen Röhre immer bis zum obersten Rande, und quillt nie darüber hinaus, wie ig davon auch noch uneingetaucht bleiben mag. Für den ersten genblick besitzt ein solcher Versuch etwas Wunderbares, weil er gewöhnlichen Erwartung, daß die Flüssigkeit aus der oberen ündung der Röhre hervorsprützen werde, nicht Genüge leisten . Eine genauere Prüfung zeigt uns aber die Sache als etwas ig Natürliches. Es wird nämlich die ganze Flüssigkeitssäule in em hinreichend langen Haarröhrchen immer nur von der in ihrer rsten Fläche thätigen, anhängenden Kraft fest gehalten (§. 114),) diese Kraft ist dem Gewichte jener Säule proportionirt, sobald das Innere der vertikal gehaltenen Röhre überall gleich weit enommen werden kann. Denken wir uns nun an der obersten che der emporgezogenen Flüssigkeit zugleich das Ende der Röhre,) diese allmählig tiefer eingetaucht, so bleibt die anhängende Kraft Flüssigkeit unverändert dieselbe, aber die Gegenkraft, welche die ssigkeit senkrecht in der Röhre hinabzuziehen bestreht ist, nimmt der Höhe der Säule ab. Das Uebergewicht der ersteren Kraft

kann nur dadurch wieder Beruhigung finden, daß es in der obersten Fläche der Flüssigkeitssäule zur Verringerung der Vertiefung beiträgt, welche als das Resultat des Kampfes zwischen der horizontal nach den Wänden der Röhre wirkenden Adhäsion und zwischen dem vorhin erwähnten vertikalen Drucke anzusehen ist. In dem Augenblicke, wo die Röhre bis zu ihrem obersten Rande eingetaucht wird, hört der vertikale Druck ganz auf, und es wirkt die Adhäsion ganz allein gegen die Wände der Röhre und gegen die Kohäsion der Flüssigkeit, folglich muß in diesem Falle die Oberfläche jener Säule ganz eben erscheinen.

§. 119.

Umgibt man das obere Ende einer solchen Röhre wasserdicht mit einem trichterförmig ausgehöhlten, hinreichend langen Kork, oder irgend einer anderen Vorrichtung zum Abhalten der Flüssigkeit des weiten Gefäßes von der Mündung der Röhre, so läßt sich diese letztere noch merklich tiefer unter das Niveau der flüssigen Materie hinabsenken, bis endlich das schon vorher erwartete Herausfließen wirklich Statt haben kann. Dies erklärt sich leicht, sobald man nur berücksichtigt, daß hierbei wieder der Kampf zwischen zwei Kräften eintritt, wobei die eine unveränderlich das horizontale Anhängen der Flüssigkeit an den oberen Rand des Haarröhrchens bleibt, während die andere ein mit dem Einsenken wachsendes Emporheben der Flüssigkeit bewirkt. Das Resultat eines solchen Zusammenwirkens von Kräften hat zunächst einen Einfluß auf die obere Fläche der Flüssigkeit in der Röhre, und es ist natürlich, daß hier auf ähnliche Weise eine emporragende Wölbung entstehen müsse, wie bei dem früheren Kampfe eine nach unten gekehrte Höhlung, weil die Hauptveranlassung dazu, nicht wie vorhin (§. 118.), einer hinabdrückenden, sondern einer emporhebenden Kraft zuzuschreiben ist. Diese Wölbung wird bei einer Fortsetzung des tieferen Hinabtauchens immer stärker und stärker, bis der zuletzt überwundene Zusammenhang der Flüssigkeit einen Durchbruch und ein Herausfließen zuläßt.

§. 120.

Es ist eine bekannte Sache, daß sich ein Glas, eine Tasse mit einem Haufen voll Wasser, Bier, Wein, Thee, Kaffee füllen läßt, und die Ursache davon ist ganz dieselbe, warum eine mit dem

laſe gleichweite Röhre mit trichterförmigem Aufſatze, (§. 119.)) noch etwas unter das Niveau jener Flüſſigkeit hinab tauchen ſt, ehe ein Ueberlaufen erfolgt. Bei einem auf dieſe Weiſe leicht erfüllten Glaſe ſchäumenden Bieres verhindert man das Ueberfließen öhnlich dadurch, daß man einen Finger quer über die Oberfläche r Flüſſigkeit hält und, ohne tief einzutauchen, damit in Berüh- ng bringt. Man ſieht leicht, daß hierbei die faſt überwundene häſion der Flüſſigkeit zum Rande des Glaſes nur noch durch ien Zuwachs an neuer Adhäſion, wie ſie der berührende Finger rbeiführt, vor dem völligen Unterliegen im Kampfe bewahrt wer- n kann. Das Holzkreuz auf den Waſſer- oder Bieroberflächen fortgetragenen Eimern verhütet auf ähnliche Weiſe das Ueber- ütten, wie der Finger über dem Glaſe das Ueberlaufen des Biers.

§. 121.

Auf dieſelbe Weiſe, wie wir hier die Hauptphänomene der pillarität aus dem Zuſammenwirken der Adhäſion, Kohäſion und chwere zu erklären geſucht haben, laſſen ſich nun auch von ſehr elen anderen ähnlichen Erſcheinungen des täglichen Lebens die Ur- chen in's Licht ſtellen. So iſt das Emporſteigen der Flüſſig- iten in den engen Zwiſchenräumen der Körper faſt immer auf eiche Weiſe zu erklären, wie bei den Haarröhrchen von Glas. uch iſt ſchon früher (§. 58., 59.) in der Lehre von der Poro- ät der außerordentlich ſtarken auseinander treibenden Kraft Erwäh- ng geſchehen, welche durch das von der Capillarität veranlaſſte ufquellen des Holzes und der Hülſenfrüchte u. ſ. w. verurſacht ird.

§. 122.

Wenn man ein mit Waſſer oder irgend einer andern ſtark härirenden Flüſſigkeit angefülltes Cylindergefäß, deſſen vertikaler urchſchnitt abkf ſein mag, langſam zum Horizonte AB neigt, F. 25.
er überkippt, ſo wird jeder zum Vorſchein kommende Tropfen a, chdem ſein Gewicht (§. 112.) die Kohäſion mit der zugehörigen üſſigkeit überwunden hat, von zwei gleichzeitig wirkenden Kräften Bewegung geſetzt, wovon die eine, die Schwere, ihn in der ichtung ad ſenkrecht zu AB hinabzutreiben beſtrebt iſt, während e zweite, die Adhäſion, ihn ſenkrecht zu ab nach der Richtung von ad abzulenken ſucht. Es iſt alſo (§. 76.) klar, daß ein

ſolcher Tropfen nach dem Parallelogramm der Kräfte die Richtung der Diagonale zwiſchen ad, af zu verfolgen geneigt ſein muß. Dieſe Diagonale kann ſehr verſchiedene Lagen annehmen, welches zum Theil von der Verſchiedenheit jener beiden Kräfte, zum Theil aber auch von der größeren oder geringeren Neigung des Gefäßes fb abhängt, — es laſſen ſich aber alle dieſe Lagen auf drei verſchiedene Fälle reduciren. (1) Fällt die Diagonale zwiſchen af, ab, ſo muß der Tropfen anfangen, längs ab hinabzugleiten, aber nicht mit der vollen Diagonalkraft; denn ein Theil derſelben wird durch den Druck gegen die an der Verfolgung des wahren Weges behindernde Wand ab des Gefäßes verloren gehen. (2) Beſitzt die Diagonale mit ab dieſelbe Richtung, ſo hat der Tropfen in a das Beſtreben mit ungeſchwächter Kraft an ab hinabzugleiten. (3) Nimmt endlich die Diagonale eine zwiſchen ab, ad gelegene Lage an, ſo beginnt auch der Tropfen in dieſer Richtung ſeine Bewegung. Bei der Fortſetzung dieſer Bewegung iſt aber in allen drei Fällen noch hinzuzudenken, daß von den beiden dabei wirkſamen Kräften die Adhäſion keinen neuen Zuwachs erhält, während die Schwerkraft fortwährend kräftiger einwirkt und zu einer beſchleunigten Bewegung (§. 66) treibt, daher wird gerade durch die Kraft der Schwere ein immer ſtärkeres Ablenken des Tropfens von ſeiner anfangs eingeſchlagenen Diagonalrichtung veranlaſſt. Iſt alſo die Bewegung des Tropfens nicht durch die Wand des Gefäßes behindert, ſo muß ſie krummlinig und zwiſchen der Richtung der Diagonale und der Schwere gelegen ſein. Es folgt nun aus dieſer Betrachtung, daß der Tropfen in den letzten beiden Fällen gleich nach dem Beginn des Hinabſinkens die Wand des Gefäßes verlaſſen, und in einem bald mehr bald weniger gekrümmten Wege am zur Erde hinabfallen müſſe. Ferner folgt noch daraus, daß der Tropfen im erſten Falle — beſonders, wenn er von der ihm nachfolgenden Flüſſigkeit fortwährend einen kleinen Zuwachs erhält — nachdem er eine Zeit lang an ab, etwa bis c, hinabgeglitten iſt, daß er dann doch, von der Ueberhand nehmenden Schwerkraft getrieben, die Wand des Gefäßes verlaſſen, und von hieraus in krummlinichter Bahn cg zur Erde hinabfallen muß. Ein ſolches früheres Ablenken von ab kann ſowohl durch ein ſtärkeres als ſchnelleres Ueberkippen des Gefäßes bewirkt werden, weil dadurch das Gewicht und die Bewegungsgeſchwindigkeit des Tropfens zugleich

r Vergrößerung der Wirkung der Schwere beitragen. Erreicht endlich
ı solcher Tropfen den tiefſten Punkt b der Gefäßwand ab, ſo
nn es recht gut kommen, daß der ſenkrecht gegen ab drückende
)eil der bewegenden Kraft noch nicht ganz von der mit wachſender
eſchwindigkeit thätigen Schwere des Tropfens überwältigt worden
; in einem ſolchen Falle würde dieſer Tropfen, wenn er nicht
r an b hängen bliebe, beſtrebt ſein, ſich nach einer Richtung bo,
lche zwiſchen bk und der Verlängerung von ab gelegen iſt, fort-
bewegen, woan ihn aber die unaufhörlich zunehmende Geſchwin-
gkeit in der Richtung der Schwere behindert, und ihn zwingt, in
ıer gekrümmten Bahn bh hinabzufallen.

Wird das Ueberkippen raſch mit einem Ruck ausgeführt, ſo
ibt zum Anhängen und zur Bildung eines einzelnen Tropfens
ne Zeit, und die Flüſſigkeit erhält bei dem Austritte aus dem
:fäße das Beſtreben, in einer mittleren Richtung aq — zwiſchen
n aufwärts ſteigenden Fortgleiten längs der Wand, ba und dem
krechten Hinabfallen zur Erde — ſich fortzubewegen, von welcher
chtung ſie aber durch die beſtändige Zunahme der Schwerkraft
mer mehr abgezogen, und gezwungen wird, auf dem gekrümmten
ege ar zur Erde zu fallen. —

Uebrigens darf man bei dieſen hier durchgenommenen einzelnen
öglichkeiten nicht überſehen, daß ſie unter Umſtänden auch alle
leich Statt haben können.

§. 123.

Um das Ausgießen der Flüſſigkeiten aus den Gefäßen A zu
ichtern, ſo gibt man dieſen letzteren einen ſogenannten Schnabel
, welcher bei mäßiger Neigung des zugehörigen Gefäßes ſchon F. 26.
e horizontale Lage abc annimmt. Der auf die vorhin (§. 122.)
chriebene Weiſe in b ſich ablöſende Tropfen wird dann in der-
ıen Vertikalen de von der Adhäſion nach bd und von der Schwere
h be hin angezogen; iſt daher die erſte dieſer beiden Kräfte größer
die andere, ſo muß der Tropfen hängen bleiben; iſt aber die
:ite größer, ſo fällt er ſenkrecht hinab, und ein Herunterlaufen an
äußeren Wand des Gefäßes kann erſt da möglich werden, wo
nittelbar vor dem Abfallen des Tropfens das Gefäß wieder
por gerichtet wird. Sobald die Bewegung zu der geneigten Lage
Gefäßes etwas ſchnell vorgenommen wird, ſo hat die bewegte

Flüssigkeit das Bestreben in der Richtung a b c des Schnabels herauszufließen, wovon sie aber von der fortwährend stärker hinabdrückenden Schwere abgelenkt, und gezwungen wird, auf dem zwischen bc und bo gelegenen mittleren gekrümmten Wege bm hinabzufließen.

§. 124.

Ist die Oberfläche einer horizontalen Glasplatte mit Staub überzogen oder mit Bärlappsamen überstreut, so fließen Wassertropfen, welche man darauffallen lässt, nicht auseinander, sondern sie hüllen sich in den Staub, und behalten, wie Queckſilbertropfen, auf solchen Platten eine kugelförmige Gestalt. Die Adhäsion des Wassers kann sich nämlich nicht auf die Glasfläche beziehen, weil der zwischenliegende Staub daran behindert, daher richtet sie ihre Thätigkeit auf den Staub. Da nun dieser zu seinen eigenen Theilen und zu denen des Glases eine geringere Adhäsion, als das Wasser in sich eine Kohäsion besitzt, so setzt er sich an die Oberfläche des Tropfens und gibt der zusammenhaltenden, die Kugelform bewirkenden inneren Kraft der Flüssigkeit Gelegenheit, allein thätig zu sein. Wendet man die Hand in Bärlappsamen um, so wird sie aus dem eben angeführten Grund bei dem Eintauchen in's Wasser nicht naß. Ueberstreut man die Oberfläche des Wassers in einem nicht gar zu tiefen Behälter mit diesem Blüthenstaube, so kann man aus der Flüssigkeit ein hineingeworfenes Geldstück mit trockenen Fingern wieder herausziehen. Wird der äußere und innere Rand eines Cylinderglases mit Fett überstrichen und dann mit Bärlappsamen überstreut, so lässt sich aus einem so vorbereiteten Glase, auch selbst beim langsamen Ueberbiegen, das Ausgießen des Wassers bewirken, ohne daß die Flüssigkeit an der äußeren Wand des Glases hinabläuft; denn die Adhäsion des Wassers zum Glase ist durch jene Vorbereitung aufgehoben. Auf ähnliche Weise fließt auch Queckſilber ohne Anhängen aus einem reinen Glase, dagegen zeigt es, aus zinnernen, bleiernen und anderen metallenen Gefäßen gegossen, ganz dieselben Erscheinungen, wie das Wasser aus reinen gläsernen Behältern.

§. 125.

Wird eine feine Metallnadel in horizontaler Lage recht behutsam auf die Oberfläche eines ruhigen Wassers gebracht, so sinkt sie nicht unter, sondern schwimmt auf dem Wasser. Die Nadel besitzt al-

lerdings mehr Gewicht als das Wasser, welches ihren Raum ausfüllen kann, und hiernach müsste sie untersinken, wenn bei der Berührung beider Materien nicht noch zwei andere Kräfte, die Adhäsion und Kohäsion, thätig wären. Die Adhäsion des Wassers zur trockenen Nadel ist aber kleiner, als die Kohäsion des Wassers, daher entsteht ganz um die Nadel herum in der Oberfläche des Wassers ein Thal. Beträgt nun das Gewicht der Nadel weniger als das des Wassers, welches ihren eigenen Raum und den des Thales auszufüllen im Stande ist, so muß sie eben so gut schwimmen, wie eine hohle Blech- oder Glaskugel. Schwimmen mehrere solcher Nadeln auf dem Wasser, so kann man bei ihnen noch die Wirkung einer besonderen anziehenden Kraft, welche von ihren Materien allein ausgeht, wahrnehmen, die gewöhnlich damit endigt, daß sich die schwimmenden Körperchen erreichen, mit Hülfe der Kapillarität sich parallel neben einander legen, und nicht selten wegen des dadurch herbeigeführten Uebergewichtes zu Boden fallen.

§. 126.

Auf ähnliche Weise, wie im vorhergehenden Paragraph, lassen sich auch andere kleine Körper, wie Blei, Zinn, Messingblättchen, welche an sich schwerer als Wasser sind, schwimmend auf dieser Flüssigkeit erhalten, sobald man sie nur vor dem Naßwerden auf ihrer oberen Fläche zu schützen sucht. Größere Flächen Metallnetze schwimmen selbst noch nach einer kleinen daraufgelegten Last. Mehrere von den Insekten, welche sich mit einer so bewundernswürdigen Leichtigkeit und Geschicklichkeit auf der Oberfläche des Wassers erhalten und bewegen können, haben unten an ihren Fußspitzen 5 bis 6 sehr feine Härchen, welche sie während der Bewegung in strahlenförmiger horizontaler Lage auf dem Wasserspiegel ausbreiten, und auf denen sie sich eben so schwimmend erhalten, wie vorhin auf dem Drahtnetz die kleine Bürde.

§. 127.

Es ist nun auch leicht zu erklären, warum sich Queckſilber in so manchen losen Stoffen, welche dem Wasser einen fast unbehinderten Durchgang gewähren, ohne durchzufallen, transportiren lässt. In kleinen Quantitäten fällt Queckſilber z. B. nicht durch seidene, baumwollene und leinene Tücher, und sollten sie so lose gewebt sein wie Flor und Gaze; durch Leder kann dieses flüssige Metall erst mit

einem Aufwande von nicht unbedeutender Kraft hindurch getrieben werden, und namentlich gewährt ihm Schafleder so wenig Durchgang, daß es darin selbst in großen Gewichten sehr weit verschickt werden kann. Daß hierbei die Schwere und die geringe Adhäsion von der bedeutenden Kohäsion dieser flüssigen Materie überwunden werde, ist wohl kaum zu erwähnen nöthig. — Das Wasser, und ähnliche Flüssigkeiten finden bei vielen jener Stoffe wenigstens auf kurze Zeit eine gleiche Beschwerlichkeit des Durchganges, welches daraus zu erklären, daß auch selbst die überwiegende Adhäsion, von der Schwere unterstützt, eben so Zeit bedarf, die Flüssigkeit in die Poren jener Stoffe hineinzuziehen, wie wir es bei den feinen Haarröhrchen schon oben erwähnt haben; ferner daraus, daß das horizontale Anhängen der Flüssigkeit an die zunächst gelegenen Theile der festen Stoffe sehr oft größer ist, als der von dem geringen Gewichte veranlasste vertikale Druck; daher kommt es wenigstens, daß Wasser in einem Haarsiebe oder feinem Drahtsiebe anfangs nicht durchlaufen will; denn die Maschen des Siebes werden mit dünnen Wasserhäutchen versperrt, und ein solches Hinderniß dauert fort, bis man die Wassermenge so bedeutend vermehrt, daß das Gewicht derselben die horizontal wirkende Adhäsion besiegt hat. Bei dem Filtriren durch Filz, Fließpapier, Sand, Kohlenlagen, gebrannten Thon, Kalk, Sandstein kommen die eben erwähnten Erscheinungen sehr häufig vor, und ihre mechanischen Eigenschaften lassen sich alle aus dem zu geringen Uebergewichte des hydrostatischen Druckes über Adhäsion und Kohäsion, und aus der Zeit, die zum Einsaugen der Flüssigkeit nöthig ist, erklären. — Nicht selten ist das Durchdringen der Flüssigkeit durch feste Materie von einigen anderen Merkwürdigkeiten begleitet, welche nicht anders als Folgen einer chemischen Thätigkeit der zusammentreffenden Naturstoffe anzusehen sind. So wird das Wasser, wenn es durch unglasirte gebrannte Thontöpfe sickert, ungewöhnlich stark abgekühlt, und viele trübe, dem Verwesen schon sehr nahe Flüssigkeiten, besonders Wasser, werden nicht allein klar, sondern verlieren auch den übeln Geruch, Geschmack und die Farbe, sobald sie auf einem etwas langsamen Wege durch Pulver von recht sorgfältig ausgeglüheter Kohle hindurchfiltrirt werden.

§. 128.

Schüttet man einige Stückchen Kampfer auf die ruhige Ober-

fläche von reinem Wasser in einem etwas weiten Gefäße, so gerathen diese Kampfertheilchen in eine höchst lebhafte drehende und umherkreisende Bewegung, welche sich besonders des Abends bei Lichte, — wo man auf dem Boden des gewöhnlich gewählten flachen porcellanenen Tellers die vergrößerten dunkelen Schatten der Kampferstückchen besser beobachten kann — gerade wie das rege Gewimmel der lebenden Geschöpfe in dem Wassertropfen unter dem Mikroskope ausnehmen. Es ist nicht zu verkennen, daß bei diesem überraschenden Phänomene auch die Adhäsion einen wesentlichen Antheil habe, indeß muß der dabei vorkommenden chemischen Thätigkeit von den sich berührenden Materien doch die Hauptveranlassung zugeschrieben werden. Von der ersten Kraft wird nicht allein ein Anhängen des Wassers an die Oberfläche der Kampferstückchen, sondern auch ein Eindringen der Flüssigkeit der schwimmenden Körperchen bewirkt, wodurch in diesen letzteren sehr leicht das Gleichgewicht verändert und mithin schon ein Anfang der Bewegung erzeugt werden kann. Der Grund zu der besonders merkwürdigen rottirenden Bewegung liegt aber wahrscheinlich darin, daß das Wasser einen Theil von dem aus den Poren des Kampfers beständig ausströmenden elastischen Dunste, worein er sich, selbst bei ganz gewöhnlicher Temperatur, verflüchtigt, begierig an sich reißt und in sich verschluckt. Eine solche Vermuthung erlangt nicht allein dadurch viel Wahrscheinlichkeit, daß das auf diese Weise verbrauchte Wasser einen kampferartigen Geruch und Geschmack annimmt, sondern hauptsächlich auch dadurch, daß mit dem einmal benutzten, also vom Kampferdünsten gesättigten Wasser selten ein zweiter Versuch gelingen will. — Aehnliche Erscheinungen nimmt man auch bei dem Zerkrümmelen eines sogenannten harten Zwiebacks in verschiedene Flüssigkeiten, besonders Milch, wahr; auch Seifenschaum, wenn er auf reines Wasser fällt, zeigt bei dem Auseinderfließen und Auflösen eine nicht unähnliche Bewegbarkeit

Größere Kampferstücke äußeren bei dem Hineinwerfen in reines Wasser wenig oder gar keine der eben beschriebenen Bewegungen, werden sie aber vorher angezündet, so durchkreuzen sie, wie die sogenannten Klarmacher, die Oberfläche des Wassers nach allen Richtungen hin. Durch die nach Oben strebende Flamme wird ein solches Kampferstück, zunächst leichter und mithin auch bewegbarer auf

dem Waſſer; dann werden einige von den geſchmolzenen Kampfertheilchen bei der Berührung mit dem kalten Waſſer plötzlich ſtarr, und ſie löſen ſich von dem übrigen wärmern Körper ab, weil ſie durch das Feſtwerden in ſich ſelbſt eine ſtärkere Kohäſion erlangen, als die noch weichen und flüſſigen Theile. Hierdurch wird nun der erſte Impuls zur Bewegung gegeben, welche bei Fortſetzung des Brennens und durch Wiederholung jener Trennung nach verſchiedenen Gegenden hin erneuert und unterſtützt wird. Sehr wahrſcheinlich trägt aber zu dieſer Erſcheinung auch die durch das Erwärmen des Kampfers erzeugte Electricität das ihrige bei; denn man nimmt zugleich ein Abſtoßen und Anziehen der brennenden Kampferſtückchen wahr, welches eine Haupteigenſchaft der Electricität iſt.

§. 129.

Taucht man ein Stück Zucker etwas in's Waſſer, ſo ſteigt dieſe Flüſſigkeit vermöge der Capillarattraction in den Zwiſchenräumen des Zuckers empor, und verurſacht in dieſem Stoffe zugleich ein Aufheben des Zuſammenhanges. Auf dieſe Weiſe erklärt man ſich die meiſten chemiſchen Auflöſungen der feſten Körper in flüſſige, und nimmt überhaupt an, daß einer jeden chemiſchen Verbindung verſchiedener Stoffe die Wirkung der Haarröhrchenkraft voraufgehe, woraus dann unmittelbar darauf die Kohäſion der neu entſtandenen Materie werde. Eine ſolche gegenſeitige Anziehung und Durchdringung verſchiedener Materien bei der Bildung einer neuen, nennt man Verwandtſchaft oder Affinität.

§. 130.

Das Emporſteigen der Säfte in den Poren der Gewächſe beruhet ebenfalls nicht allein in der Capillarattraction der Stoffe, ſondern zugleich noch in der beſonderen Thätigkeit des Lebens und in der davon abhängigen chemiſchen Bereitung der Säfte aus den eindringenden Waſſertheilchen. Einige in dieſer Hinſicht gemachten Entdeckungen wollen wir hier nicht mit Stillſchweigen übergehen, und ihre Erklärungen mit folgenden Verſuchen vorbereiten.

Füllt man eine an dem untern etwas trichterförmig auslaufenden Ende feſt mit Blashaut überbundene Glasröhre von einigen Linien Weite zum Theil mit Weingeiſt, oder ſchwefelſaurer Eiſenauflöſung, oder irgend einer andern, dem Waſſer nahe verwandten Flüſſigkeit, und taucht den Apparat mit dem verſchloſſenen Ende in

eſtillirtes Waſſer, ſo erhebt ſich ſein Inhalt allmählig immer höher
nd höher, überſteigt die Capillarhöhe um mehrere Zolle, und,
enn die Röhre nicht gar zu lang iſt, ſo quillt er nach einiger
eit über den höchſten Rand des Apparats hinüber. Wird eine
lche Vorrichtung, ehe man dieſelbe in's Waſſer ſtellt, auch auf
em bis jetzt noch offenen Ende mit Kork und Siegel luftdicht ver-
hloſſen, ſo iſt das Emporſteigen ſehr gering, weil die abgeſperrte
uft ein Hinderniß in den Weg legt; dagegen ſieht man unten
le übergebundene Blaſe immer ſtärker und ſtärker anſchwellen.
immt man hierauf die Röhre aus dem Waſſer und ſticht mit
ner Nadel in die Blaſe, ſo ſpritzt die hierdurch freiwerdende Flüſ-
zkeit mehrere Fuß empor. Nach einem ſolchen Verſuche findet
an jedesmal den Inhalt der Röhre mit dem des Behälters von
erlei Art. — Man überzeugt ſich leicht, daß zur Erklärung
es ſolchen Verſuches die früher (§. 119) kennengelernte Capil-
attraction nicht ausreicht. Uebrigens liegt äußerlich nur ein Un-
ſchied in der übergeſpannten Blaſhaut, daher iſt es wahrſcheinlich,
ß die beiden Flüſſigkeiten gerade zu dem ſie trennenden Zwiſchen-
ttel auf ähnliche Weiſe eine verſchiedene Adhäſion beſitzen, wie
B. Waſſer und Queckſilber zu Leinwand, nur noch mit dem
terſchiede, daß dort eine beſondere und zwar ziemlich ſtark wir-
de chemiſche Anziehung das gegenſeitige Durchdringen des Zwi-
enmittels befördert. — Die Erſcheinungen der eben beſchriebe-
n Verſuche heißen Endosmoſe. Füllt man umgekehrt die
öhre mit reinem Waſſer und den anderen Behälter mit den oben
ähnten Flüſſigkeiten, ſo wird auch das Entgegengeſetzte bewirkt,
d dieſe den vorhin beſchriebnen entgegengeſetzten Erſcheinungen be-
nnen den Namen Exosmoſe. — Es ſind dieſe merkwürdigen
perimente auf ſehr verſchiedene Weiſe wiederholt worden, woaus ſich
eben, daß man ſtatt der Thierblaſe auch andere unorganiſche
nne oder poröſe Körper wählen könne, und dabei hat man unter
dern gefunden, daß Kautſchuckhäutchen, im Vergleich zu den thie-
hen Blaſen, gerade umgekehrt das Waſſer beſſer als den Wein-
ſt abſperren. Werden daher Spiritusflaſchen mit Blaſhaut zuge-
nden, ſo verdunſtet nur Waſſer durch die Poren dieſes Ueberzu-
s und der zurückbleibende Spiritus wird allmählig verbeſſert; da-
gen wird er ſchwächer, wenn ſolche Behälter mit Kautſchuckhäutchen

überbunden sind, weil hierbei die Wasserdünste zurückgehalten, aber die Spiritusdünste hindurchgelassen werden.

Schneidet man im Frühjahre von den vertikal emporgerichteten Zweigen der Weinreben, Obstbäume, Birken und anderen in dieser Jahreszeit besonders saftreichen Gewächse Etwas ab, so quillt nach einiger Zeit der wasserhelle Safttropfen über die Schnittfläche empor, und läuft zuletzt darüber hinaus. Eine solche Wirkung haben wir bei den einfachen Hahrröhrchen nicht eher wahrnehmen können (§. 119), als bis es in der betreffenden Flüssigkeit ganz untergetaucht wurde. Finden wir nun hierin schon einen Grund, das Emporsteigen der Säfte in den Gewächsen nicht bloß der einfachen Capillarattraction zuzuschreiben, so werden wir in dieser Meinung noch viel mehr bestärkt durch die berühmten Versuche von Munke und Metzger. Sie schnitten die Stämme von Weinreben dicht am Boden ab und kütteten die horizontalen Schnittflächen in vertikal emporgerichtete Glasröhren wasserdicht hinein; dann sahen sie den Saft des Weinstocks immer höher in den Glasröhren emporsteigen, bis er zuletzt eine Höhe von 20 Fuß erreicht hatte. — Wenn man nun zu diesen Versuchen die neuesten Entdeckungen in der Pflanzenkunde hinzudenkt, daß die Saftröhrchen der Gewächse an ihren Enden mit weißen Schwammwülstchen angerüstet sind, so erhält die Annahme, daß das Emporsteigen des Saftes in den Gewächsen auf ähnliche Weise, wie bei den Endosmometer vor sich gehen, einen hohen Grad von Wahrscheinlichkeit.

---

8. Schwere.

§. 131.

Aus dem oben aufgestellten Begriffe der Schwere folgt auf ähnliche Weise der des Gewichtes, wie die Vorstellung des Körpers aus der der Materie. So wie wir unter Erdschwere bloß die Kraft verstehen, vermittelst welcher alle irdische Materie zum Mittelpunkte der Erde hingezogen wird, so versteht man unter Gewicht die verhältnißmäßige Größe dieser Anziehung in begrenzter Materie und in Körpern. Die Materie des Wassers, des Holzes, der Steine besitzt in diesem allgemeinen Sinne nur Schwere, und noch kein Gewicht. Ein Eimer voll Wasser, ein Holzblock und

: Quaderstein haben Gewichte, insofern man bei ihnen von mess-
rer Größe ihrer Anziehung zur Erde sprechen kann. Wird ein
:per nicht behindert, den Einwirkungen der Schwerkraft Folge zu
sten, so bewegt er sich und sucht dem Mittelpunkte der Erde in
r entsprechenden Richtung so nahe als möglich zu kommen. Eine
:che Bewegung nennen wir den freien Fall der Körper auf unserer
:de. Tritt dem Fallen eines Körpers ein nicht zu beseitigendes
inderniß in den Weg, so wirkt die Schwere auf das Hinderniß
rch Druck oder Zug, je nachdem sich dieses Hinderniß unterhalb
er oberhalb der Richtung der Schwere befindet. Ein auf der
chen Hand ruhender Apfel äußert sein Bestreben, zu fallen, durch
ruck gegen die im Wege liegende Hand, während derselbe, nach
aten gekehrt und am Stiele festgehalten, dieses Bestreben durch
inabziehen kund gibt. Das, was wir nun in dieser Art unter
ruck und Zug schwerer Körper verstehen, trifft ganz genau mit
m, was wir uns unter Gewicht der Körper zu denken haben, zu-
mmen. Daher kommt es auch, daß die Gewichtsbestimmung der
rper eigentlich nur die Bestimmung der Größe ihres Druckes
r Zuges ist, welchen das von der Schwere veranlasste Bestreben,
fallen, auf das entgegengestellte Hinderniß ausübt. Im Handel
d Wandel, wo es auf keine ganz genaue Bestimmung ankommt,
egt man die Körper in die Hand zu nehmen, und aus dem
pfundenen Drucke oder Zuge die Größe der Gewichte abzuschätzen.
i genauerer Gewichtsbestimmung bedient man sich der Wage,
bei dann aus der Gleichheit des Zuges oder Druckes auf der einen
ite mit dem auf der anderen Seite von bekannten Gewichts-
cken veranlassten Gegenzuge nnd Gegendrucke auf die Gleichheit
: Gewichte geschlossen wird.

§. 132.

In den Naturwissenschaften macht man noch einen wesentlichen
terschied zwischen dem absoluten und specifischen Gewichte, welcher
in beruhet, daß man den körperlichen Raum bei den abzuwägenden
aterien im ersten Falle unberücksichtigt lässt, im zweiten Falle
: aber mit in Betracht zieht. Wissen wir z. B. von einem
:lück gediegen Gold, daß es 22 Loth wiegt, und es wird von
ier räumlichen Größe nichts weiter erwähnt, so ist damit das
olute Gewicht bestimmt. Fügen wir aber noch zu jener Ge-

wichtsbestimmung hinzu, daß das Stück Gold gerade einen Kubikzoll Raum in sich schließe, so haben wir dadurch das specifische Gewicht des Goldes bestimmt. Aus dieser Erklärung geht unmittelbar hervor, daß das specifische Gewicht zugleich ein Darstellen der Dichtigkeit der Materie sei; denn wüßten wir z. B. auch von dem Wasser, daß ein Kubikzoll $1\frac{7}{9}$ Loth wiegt, so läßt sich hieraus abnehmen, daß die Gewichte von Gold und Wasser in gleichen Räumen sich wie 22 zu $1\frac{7}{9}$ oder wie 18 zu 1 verhalten, und man schließt daraus zugleich mit, daß die Materie des Goldes 18 mal so dicht sei als die des Wassers. — Das absolute Gewicht bestimmt also (§. 9.) die Masse der Materie eines Körpers, das specifische Gewicht dagegen die Dichtigkeit der Materie.

§. 133.

Zur Bestimmung des absoluten Gewichtes gehört die Annahme von einem allgemein als bekannt vorauszusetzenden Gewichte, welches als Einheit zum Ausmessen dient. Im gemeinen Leben ist das Pfund diese Gewichtseinheit, von dem wir die Eintheilung in Lothe und Quentchen als bekannt voraussetzen können. Diese Art der Gewichtsbestimmung war für den Naturforscher wahrscheinlich nicht genau genug; denn er pflegt gewöhnlich eine kleinere Gewichtsgröße als Einheit zu wählen, und dieselbe in eine noch größere Anzahl kleiner Theile zu theilen. Die gewöhnliche, hier zum Grunde gelegte Gewichtseinheit ist die Unze; diese besteht aus 8 Drachmen, die Drachme aus 3 Skrupel und 1 Skrupel aus 20 Gran; folglich enthält eine Unze 480 Gran. In diesem sogenannten Apothekergewichte wird auch zuweilen von einem Pfunde gesprochen, und man versteht dann 12 Unzen darunter, welches mit $\frac{3}{4}$ P. Handelsgewicht ziemlich gleichbedeutend ist. Um die Vergleichung zwischen Handelsgewicht und Apothekergewicht noch genauer vornehmen zu können, so ist noch nöthig zu bemerken, daß 1 Handelspfund aus 7496 Gran, dagegen ein Apothekerpfund aus 5760 Gran besteht. Diese beiden Gewichtseinrichtungen sind ziemlich in ganz Deutschland gebräuchlich, aber zugleich in sehr großer Verschiedenheit rücksichtlich der dabei zum Grunde gelegten Einheit. Das Handelspfund in München ist z. B. mehr als 6 Loth schwerer, als zu Braunschweig, Berlin, Cölln, Leipzig, welche letzteren dagegen ziemlich genau mit einander übereinstimmen; eine ähnliche, wenn auch nicht

so auffallende, Abweichung zeigt sich auch bei den Apothekergewichten. In unseren Tagen sucht man sich allmählig von dieser, oft gar zu willkührlichen Abweichung und der daraus hervorgehenden lästigen Reduction frei zu machen, indem man sich der neueren Französischen Gewichtsbestimmung anschließt. Die Einheit von diesem Gewichte wird dadurch erhalten, daß man einen hohlen Würfel von 1 Centimeter (§. 7.) innere Dimension wählt, denselben mit destillirtem Wasser füllt und von diesem Wasser das Gewicht bestimmt, während einer Temperatur des schmelzenden Schnees, welche nach vielfacher Erfahrung sich als vollkommen beständig ausgewiesen hat. Eine auf diese Weise erhaltene Gewichtseinheit nennt man Gramme; die übrige Eintheilung und Vervielfältigung ist, wie bei dem Meter (§. 7.) ganz unserem gemeinen Zahlensysteme analog ausgeführt, so daß

1 Gramme 10 Decigramme
1 Decigramme 10 Centigramme
1 Centigramme 10 Milligramme

und

10 Gramme 1 Decagramme
10 Decagramme 1 Hectogramme
10 Hectogramme 1 Kilogramme.

Um von der Größe dieser französischen Gewichtseinheit und ihrer feinen Eintheilung eine genauere Vorstellung zu bekommen, so muß man sich denken, daß erst $467\frac{2}{5}$ Gramme dem braunschweiger Handelspfunde gleichzusetzen sind, und mithin 1 Kilogramme etwa das zweifache Gewicht unseres Pfundes ausmacht. — Als diese Gewichtseinrichtung in's Leben trat, so bestimmte die damit beauftragte Commission zu Paris, an deren Spitze Laplace stand, zuerst das Gewicht des Kilogrammes, welches dem eines Cubicdecimeters destillirten Wassers, im Zustande größter Dichtigkeit und im luftleeren Raume, genau gleichzusetzen war. Ein Cylinder aus Platina, der in Hinsicht seines Gewichtes dieser Bedingung so vollkommen als möglich entsprach, ward als gesetzliches Kilogramme anerkannt, und am 22. Juni 1799 in den Archiven der Republik niedergelegt, wo es in einem doppelten eisernen Schranke, hinter vier Schlössern aufbewahrt wird. Dieses, mit der größten Sorgfalt und Genauigkeit angefertigte Kilogramme kommt nur bei außerordentlichen Gelegenheiten in unmittelbarem Gebrauch. Eine Kopie davon wird in der Sternwarte zu Paris aufbewahrt, und nach dieser sind die meisten anderen, auf der ganzen Welt verbreiteten Kilogramme gearbeitet.

Von dem specifischen Gewichte.

§. 134.

Das specifische Gewicht bestimmt man jetzt allgemein dadurch, daß man angibt, was für ein Vielfaches das Gewicht einer begrenzten Materie von dem des räumlich eben so großen Wassers sei. Ist z. B. das spec. Gewicht des Queckſilbers $13\frac{3}{5}$, so will dies eben so viel sagen, als daß das gewöhnliche Gewicht von irgend einer Quantität Queckſilber $13\frac{3}{5}$ mal so viel betrage, als eine Masse destillirten Wassers, welches mit ihm dem Volumen nach gleich ist; oder auch, wenn das Wasser in irgend einem Gefäße 1 Loth, 1 P., 5 P. wiegt, so beträgt das Gewicht des Queckſilbers, welches in demselben Gefäße genau den Platz des Wassers einnimmt, $13\frac{3}{5}$ L., $13\frac{3}{5}$ P., 68 P. — Zur Bestimmung des spec. Gewichts muß man sich zunächst mit einer recht genauen und empfindlichen Wagschale, mit möglichst zuverlässigen Gewichten und einigen leeren Gläsern von verschiedener Größe, aber mit genau eingeschliffenen Glasstöpseln versehen.

§. 135.

Soll von irgend einer flüssigen Materie das specifische Gewicht bestimmt werden, so wählt man sich eines jener im vorigen Paragraphen erwähnten Gläschens, bringt es leer und trocken mit dem aufgesteckten Stöpsel auf die eine Schale der Wage, und stellt das hierdurch gestörte Gleichgewicht wieder her, welches mit Hülfe von feinem Bleischrot am leichtesten zu bewerkstelligen sein möchte. Nach dieser ersten Arbeit, der man den Kunstnamen Tariren beizulegen pflegt, wird das Glas mit der zu untersuchenden Flüssigkeit, welche z. B. Seewasser sein mag, vollgefüllt verschlossen, von jeder etwa noch anhaftenden Feuchtigkeit gehörig gereinigt, und dann der Zuwachs seines Gewichtes bestimmt. Wir wollen annehmen, diese Gewichtsbestimmung hätte 9 Loth 1 Quentchen gegeben. Hierauf reinigt man das Gläschen, füllt es mit reinem Wasser, und bestimmt auch von diesem, wie vorhin, das gewöhnliche Gewicht. Dies sei 9 Loth. Aus einer solchen Untersuchung schließt man denn auf das specifische Gewicht folgendermaßen: In gleichem Volumen verhält sich das Gewicht des reinen süßen Wassers zu dem des Seewassers wie 36 zu 37, oder wie 1 zu $1\frac{1}{36}$, woraus folgt, daß das specifische Gewicht des Seewassers $1\frac{1}{36}$ sei, oder, was dasselbe sagen will, es

ei das Seewasser $1\frac{1}{36}$ mal so schwer als reines Wasser. Vom Seewasser wollen wir uns hier zugleich noch merken, daß es in verschiedenen Zonen, und auch selbst an demselben Orte in verschiedenen Tiefen, merklich verschiedenes specifisches Gewicht besitze, im Durchschnitt aber mit der eben beispielsweise herausgebrachten Zahl $1\frac{1}{35}$ ziemlich genau übereinstimme. Das todte Meer enthält auch eine Art von Seewasser; es ist dieses aber in Hinsicht seines überwiegenden specifischen Gewichtes merklich von dem gewöhnlichen Seewasser verschieden. Das Wasser des todten Meeres ist $1\frac{7}{71}$ mal so schwer als destillirtes Fluß- oder Regenwasser.

§. 136.

Die Untersuchungen über das specifische Gewicht der Flüssigkeiten haben im allgemeinen zu folgenden Resultaten geführt. Die meisten Oele und Fette sind leichter, so wie fast alle Säuren schwerer als Wasser sind. Als Ausnahmen der ersten Art wollen wir uns Nuß-, Senf- und Zimmtöl merken; von der anderen Art bildet die Blausäure eine Ausnahme, indem sie kaum $\frac{1}{2}$ so schwer als Wasser ist; dagegen ist die Schwefelsäure noch mehr als zwei mal so schwer als Wasser. Die meisten Weine sind leichter als Wasser, nur Malaga und Madeira machen davon eine Ausnahme. — Es ist eine allgemeine Erfahrung, daß von zusammengethanen Flüssigkeiten, welche sich nicht chemisch mischen, immer die leichtere einen höheren Stand einzunehmen sucht als die schwerere. Thut man z. B. Queckſilber, Wasser und Oel in dasselbe Glas, so wird das Queckſilber immer den tiefſten und das Oel den höchſten Platz einnehmen. — Hierher gehört auch das Kunſtſtück, Wasser in Wein zu verwandeln. Man füllt eine Weinflasche mit Wasser, und stellt dieselbe umgekehrt gerade nur mit der Mündung in ein Gefäß voll Rothwein, dann steigt der leichtere Wein allmählig in der Flasche zu dem ihm gebührenden höchſten Platze empor, während das schwerere Wasser schon vorher tiefer hinabgesunken ist, und ihm Platz dazu gemacht hat. Nach einiger Zeit ist das Wasser ganz aus der Flasche verschwunden und der Wein, ein wenig geschwächt, dafür an den Platz getreten.

§. 137.

Will man von einem festen Stoffe das specifische Gewicht bestimmen, so wählt man sich eines jener Gläschen (§. 134.) mit

etwas weitem Halſe, zum bequemeren Hindurchbringen des zu unterſuchenden Körpers, füllt daſſelbe vorher mit reinem Waſſer, verſchließt und tarirt es auf eben die Weiſe wie vorhin (§. 135.) das leere Glas. Hierauf legt man den zu unterſuchenden Stoff neben das Glas auf die Wagſchale, und beſtimmt auf gewöhnliche Weiſe ſein abſolutes Gewicht. Nun nimmt man das Gläschen wieder ab von der Wagſchale, gießt Etwas von ſeinem Inhalte heraus, und bringt den eben gewogenen Stoff hinein, korkt es wieder zu, nachdem dabei der vielleicht noch leer gebliebene Raum auch noch mit Waſſer angefüllt worden iſt, und beſtimmt nun mit Hülfe derſelben Wage, wie viel Waſſer der hineingeworfene Stoff verdrängt hat. Durch dieſes Verfahren erhält man die abſoluten Gewichte für gleiche Volumen von dem zu unterſuchenden Stoffe und von dem Waſſer, und mehr iſt zur Beſtimmung des ſpec. Gewichtes nicht erforderlich. Angenommen, wir hätten ein Stückchen Schwefel gehabt, von dem wir das ſpecifiſche Gewicht beſtimmen wollten. Neben dem tarirt mit Waſſer gefülltem Gläschen wiege es 99 Gran, und das von ihm verdrängte Waſſer wiege 50 Gran. Unter Vorausſetzung deſſelben Volumens verhält ſich alſo das Gewicht des Waſſers zu dem des Schwefels wie 50 zu 99, folglich iſt das ſpecifiſche Gewicht des Schwefels $1\frac{49}{50}$, oder der Schwefel iſt $1\frac{49}{50}$ mal ſo ſchwer als das Waſſer.

§. 138.

Bei den feſten Materien, welche ſich im Waſſer auflöſen, oder überhaupt eine der Genauigkeit nachtheilige chemiſche Aenderung darin erleiden, füllt man das Gläschen zunächſt mit einer anderen Flüſſigkeit, welche zu jenen Materien keine ſolche chemiſche Verwandtſchaft beſitzt, ermittelt dann das ſpecifiſche Gewicht des Stoffes auf dieſe Flüſſigkeit bezogen, ſucht darauf das ſpec. Gewicht von dieſer Flüſſigkeit in Bezug auf Waſſer, und berechnet daraus das beabſichtigte ſpec. Gewicht von der in Frage ſtehenden feſten Materie. Es ſei z. B. das ſpec. Gewicht des Kochſalzes zu beſtimmen, ſo ſuche man zuerſt, in welchem Verhältniſſe das Gewicht des Kochſalzes zu dem des Terpentinöls ſteht, unter Vorausſetzung von gleichen Volumen. Dies Verhältniß ſei 44 zu 17, woraus folgt, daß das Kochſalz $2\frac{10}{17}$ mal ſo ſchwer als Terpentinöl iſt. Hierauf ſuche man unter derſelben Vorausſetzung das Gewichtsverhältniß zwiſchen

rpentinöl und Waſſer. Dies ſei wie 7 zu 8, alſo iſt bei glei- n Volumen das Gewicht des Terpentinöls $\frac{7}{8}$ von dem des Waſ- r. Da nun bei gleichen Volumen Kochſalz $2\frac{10}{17}$ mal ſo viel Terpentinöl, Terpentinöl aber ſelbſt $\frac{7}{8}$ von dem Gewichte des ıſſers ausmacht, ſo muß das Kochſalz $2\frac{10}{17}$ mal $\frac{7}{8}$, d. i. $2\frac{9}{34}$ l ſo ſchwer als Waſſer ſein. Folglich iſt das ſpec. Gewicht des hſalzes $2\frac{9}{34}$.

§. 139.

Beſitzt ein Körper, von deſſen Materie das ſpecifiſche Gewicht ırſcht werden ſoll, eine ſolche Größe, daß er ſich nicht in die ſchon derholt erwähnten Gläschen hineinbringen läſſt, und darf dabei h kein Zerſchlagen in kleinere Stücke vorgenommen werden, ſo ıgt man ihn vermittelſt einer tarirten Schnur von Pferdehaar, ches mit dem Waſſer ziemlich gleiches ſpec. Gewicht beſitzt, unter eine Wagſchale, beſtimmt ſo ſein volles Gewicht in freier Luft) dann den Gewichtsverluſt, den er bei dem Untertauchen im illirten Waſſer erleidet. Bedenkt man nun, daß dieſer Gewichts- luſt gerade das abſolute Gewicht des Waſſers iſt, welches mit n Körper gleiches Volumen beſitzt, ſo erkennt man auch leicht Möglichkeit, wie aus dieſem Verfahren auf das ſpec. Gewicht ſt geſchloſſen werden kann. Um dies mit einem Beiſpiele noch chaulicher zu machen, ſo wollen wir uns vorſtellen, wir trügen einem uns als Frauenhoferſche Flintglaslinſe angebotenen Körper ſer Art Bedenken, denſelben als ächt anzuerkennen, und wir wollten s mit Hülfe des ſpecifiſchen Gewichtes Gewißheit verſchaffen. Es t nämlich drei Arten von Flintglas, das Frauenhoferſche, Engliſche) Franzöſiſche, von denen das ſpecifiſche Gewicht $3\frac{7}{9}$, $3\frac{5}{12}$, $3\frac{3}{17}$

Die erſte Abwägung der zu unterſuchenden Linſe außer Waſſer e 13 Lth. 1 Quentchen, und die zweite im Waſſer geben 4 Lth. wichtsverluſt. Es verhält ſich alſo, dem abſoluten Gewichte nach) bei gleichem Volumen, das Waſſer zur Materie der Glaslinſe : 16 zu 53, folglich wäre das Glas kein Frauenhoferſches Flint- s; denn es beſäße nur $3\frac{5}{16}$ ſpec. Gewicht, welches ſogar noch ner iſt als das des Engliſchen.

Iſt unter den eben berückſichtigten Vorausſetzungen der zu un- ſuchende Körper auch noch leichter als Waſſer, ſo bringt man mit einem hinreichend ſchweren, von dem das ſpec. Gewicht

als bekannt vorauszusetzen ist, in Verbindung, und schließt dann aus dem erforschten spec. Gewichte der ganzen Zusammensetzung, und aus dem bekannten des schwereren Körpers auf das des leichteren.

§. 140.

Aus dem reichhaltigen Verzeichniß des specifischen Gewichts fester Stoffe wollen wir uns Folgendes merken. Das größte spec. Gewicht besitzen die Metalle, wovon Platina 21 bis 23 — Gold 18 bis 19 mal so schwer als Wasser ist. Da das spec. Gewicht des Queckſilbers nur 14 beträgt, so sinken Körper aus jenen Metallen in dieser Flüssigkeit unter, während ziemlich alle anderen darauf schwimmen. Von den übrigen, im gewöhnlichen Leben vorkommenden Metallen ist Blei am schwersten, Silber steht am nächsten unter ihm, dann folgt Kupfer und Eisen; am leichtesten sind indeß Zinn und Zink, welche nur etwa 7 mal so schwer als Wasser sind; Blei ist dagegen 11 mal so schwer als Wasser. — Die Steine sind ohne Ausnahme alle schwerer als Wasser; die, welche leichter zu sein scheinen, fügen sich doch in diese Regel, sobald man sie nur so lange mit Gewalt untertaucht, bis ihre Poren so viel als möglich mit Wasser angefüllt sind. Der Diamant besitzt mit dem vorhin erwähnten Flintglase, aus dem auch sehr täuschend unechte gemacht werden, gleiches spec. Gewicht. — Die Holzarten sind in ihrem gewöhnlichen Zustande alle leichter als Wasser. Ausnahmen hiervon machen besonders Buchsbaum- und Ebenholz, zuweilen auch das alte feste Steineichenholz. Wenn aber aus den Poren des Holzes so viel als möglich die Luft entfernt, und an den Platz derselben Wasser getreten ist, so wird selbst das leichteste Tannenholz (§. 51.) spec. schwerer als Wasser. Die Getreidearten, unter denen sich die Gerste vor allen anderen als die schwerste auszeichnet, sind, wie die Hülsenfrüchte, alle schwerer als Wasser, und, mit Ausnahme des Hanfsamens, auch die landwirthschaftlichen Sämereien.

§. 141.

Es ist jetzt nur noch nachzuweisen, auf welche Weise das specifische Gewicht der Luftarten bestimmt wird. Man wählt hierzu statt der kleinen bisher gebrauchten Fläschchen eine große Glaskugel, wie sie in §. 45. beschrieben worden ist, entfernt daraus alle atmosphärische Luft, tarirt die leere Kugel und füllt dieselbe mit der

zu untersuchenden Luft, wovon man dann das absolute Gewicht bestimmt. Nachdem hierauf der Ballon wieder mit atmosphärischer Luft oder mit Wasser gefüllt worden ist, je nachdem das spec. Gewicht nach der Atmosphäre oder nach dem Wasser bestimmt werden soll, sucht man auch von diesem neuen Inhalte das absolute Gewicht, und verfährt dann auf ähnliche Weise, wie früher (§. 135.), mit den tropfbaren Flüssigkeiten.

§. 142.

Ein genaueres Eingehen in diese Art der Bestimmung würde ein Bekanntsein mit den verschiedenen Gasarten voraussetzen, von denen wir bis jetzt noch gar keine Gelegenheit gehabt haben zu sprechen, weil sie mehr dem chemischen als mechanischen Theile der allgemeinen Physik angehören. Ganz mit Stillschweigen die Sache zu übergehen, wäre aber auch nicht gut, dazu ist sie namentlich für's gemeine Leben viel zu wissenswürdig; daher wollen wir wenigstens die Gasarten herausheben, welche in dem reinen Wasser und unserer atmosphärischen Luft enthalten sind, und dieses Wenige zugleich mit den erforderlichen Erklärungen der Eigenschaften und nützlichen Bemerkungen zu begleiten suchen.

Das reine Wasser ist eine chemische Mischung von zwei Gasarten, Sauerstoff und Wasserstoff, welche dem Volumen nach in dem Verhältniß von 1 zu 2 darin enthalten sind. Die atmosphärische Luft ist als ein Gemisch von 3 Gasarten anzusehen, und besteht aus 4 Theilen Stickstoff, 1 Theil Sauerstoff und $\frac{1}{100}$ Theil kohlensaurem Gase.

Der Sauerstoff ist $1\frac{1}{10}$ mal so schwer als die Atmosphäre, daher sinkt er darin zu Boden. Seinen Namen hat er besonders von der Eigenschaft, das Säuren anderer Stoffe zu bewirken; er ist ein sauermachender Stoff, ohne selbst die Eigenschaft der Säure zu besitzen; er schmeckt selbst nicht sauer, hat überhaupt weder Geschmack, noch Geruch, noch Farbe, und röthet auch das Lackmuspapier nicht, wie das alle Säuren thun. Sehr oft kommt er auch unter dem Namen Lebensluft und Feuerluft vor, welches darin seinen Grund hat, daß seine Gegenwart zum Leben und zum Brennen ganz unentbehrlich ist. Alles, was brennt, brennt auf Kosten des Sauerstoffes, dabei brennt aber dieser Stoff nicht selbst;

eben so ist kein Leben ohne Sauerstoff denkbar, obgleich er auch, ganz rein eingeathmet, dem Leben mehr nachtheilig als förderlich ist.

Der Wasserstoff ist die allerleichteste wägbare Materie in der ganzen Natur; sein spec. Gewicht ist nur $\frac{1}{15}$ von dem der atmosphärischen Luft. Dieser außerordentlichen Leichtigkeit wegen wird er gewöhnlich zum Füllen der Luftballons benutzt. Er hat auch, wie der Sauerstoff, weder Geruch, noch Geschmack, noch Farbe, unterscheidet sich aber wesentlich von diesem darin, daß er selbst brennt, und sogar ein höchst entzündlicher Stoff ist, wovon man sich schon bei der Döbereinerschen Zündmaschine überzeugen kann. Die leuchtende Kraft seines Lichtes, wenn er auf Kosten des Sauerstoffes aus der atmosphärischen Luft brennt, ist nicht sehr groß; sie wird aber bedeutend verstärkt, sobald der Flamme ein ununterbrochener Strom von reinem Sauerstoffe zugeführt wird, und den höchsten Grad des Glanzes erregt dieses Licht in dem Kalke, auf den es während des Zuströmens von reinem Sauerstoffe geleitet wird. Der auf diese Weise zum Leuchten gebrachte Kalk strahlt wie eine Sonne und mit einer Kraft, die das offene Auge kaum zu ertragen vermag. Das Licht ist in diesem Falle so stark, daß das hellste Kerzenlicht noch einen Schatten darin wirft; man bedient sich seiner zur Erleuchtung der Leuchtthürme und der Mikroskope. Werden 2 Theile Wasserstoff mit 1 Theil Sauerstoff zusammengemischt und darauf entzündet, so explodirt dieses Gemisch mit lautem Knall, und wird wieder zu tropfbarem Wasser. Das Entzünden dieses sogenannten Knallgases pflegt man gewöhnlich mit dem electrischen Funken zu bewirken, und der hierzu nöthige Apparat heißt die electrische Pistole.

Der Stickstoff ist nur um $\frac{3}{100}$ leichter als die Atmosphäre, steigt daher sehr langsam in dieser empor. Er hat seinen Namen von der bösen Eigenschaft, daß Menschen und Thiere darin ersticken aus Mangel an Sauerstoff; aus eben diesem Grunde ist er zum Brennen ganz untauglich. Sein wesentlicher Nutzen scheint darin zu bestehen, dazu beizutragen, daß das Leben aller athmenden Geschöpfe, und der Proceß des Brennens nicht zu rasch vorübergeht. Die ausgeathmete Luft bei Menschen und Thieren ist, ihrem Hauptbestandtheile nach, Stickstoff, untermischt mit etwas kohlensaurem Gase und Wasserdunst. Es ist daher vor dem längeren Aufenthalte in engen verschlossenen Räumen zu warnen, weil der durch das Ausathmen sich

rein ansammelnde Stickstoff dem Leben gefährlich wird. Ein trau-
ges Beispiel dieser Art lieferen die unglücklichen Gefangenen, welche
n Jahre 1756 in die Hände des Majors Holwell in Calcutta
eriethen; es waren 143 Gefangene, welche auf ihrem Transporte wäh-
end einer Nacht in einem kleinen kellerartigen Raume eingesperrt, und
m anderen Tage bis auf 22 erstickt wieder angetroffen wurden. Den
Wenigen, welche vom Tode verschont geblieben, war es nur dadurch
möglich gewesen ihr Leben zu retten, daß sie zum Luftschöpfen zu
er einzigen kleinen Oeffnung unter der Decke des Gefängnisses emporge-
klettert waren und sich hier an den Eisenstäben festgeklammert hatten.

Das kohlensaure Gas ist $1\frac{1}{2}$ mal so schwer als die at-
mosphärische Luft, und besteht aus 1 Theile Kohlenstoff und 2
Theilen Sauerstoff. Unter Kohlenstoff versteht man den Hauptbe-
standtheil aller Kohle, der in der freien Natur nie allein vorkommt,
aber im Diamant am wenigsten mit fremden Stoffen verbunden ist.
Zum Einathmen und Brennen taugt das kohlensaure Gas eben so
wenig wie das Stickstoffgas; es tödtet und löscht Leben und Feuer.
In der Nähe feuerspeiender Berge entwickelt es sich in unterirdischen
Gruben und Höhlen; so ist z. B. in der Nähe von Neapel die
Hundsgrotte, und auf Java in der Nähe von Batur das
Giftthal, mit dieser bösen Luft angefüllt. Bei dem Gährungs-
processe wird dieses Gas am häufigsten in der freien Natur entwi-
kelt, daher lagert es sich auch in den Wein- und Bierkellern auf dem
Boden, und vertreibt hier Ratten und Mäuse. Merkwürdig ist dieses
Gas in der Art, daß es sich eben so erquickend und belebend für
den Magen, als lebensgefährlich für die Lungen beweist, wovon
der Genuß von Champagner, Selterwasser, Bier die überzeugendsten
Belege abgeben, bei denen das starke Schäumen von dem kohlen-
sauren Gase bewirkt wird. Zur allgemeinen Warnung ist hier
noch zu erwähnen, daß diese lebensgefährliche Luftart auch bei dem
Verbrennen der Kohlen und bei dem Trocknen der Wäsche in verschlosse-
nen Zimmern entwickelt wird; sie hat auf diese Weise schon manchem
Unvorsichtigen das Leben gekostet. In der Bergmannssprache heißen
diese Art von Gaslager, welche die Arbeiter am Erlöschen ihres Gruben-
lichtes erkennen, die bösen Wetter. Auch gibt es bei den Bergleuten
schlagende Wetter, welche aus einem Gemisch von Kohlenstoff
und Wasserstoff besteht. Diese entzündlichen Lüfte sind dem Berg-

manne höchst gefährlich; kommt er ihnen mit einem offenen Grubenlichte nahe, so entzünden sie sich mit einem lauten Knall und einer stark auseinander treibenden Kraft.

§. 143.

Von den vielen Anwendungen, welche in den Wissenschaften und dem praktischen Leben von dem specifischen Gewichte gemacht werden können, wollen wir nun auch einige Beispiele nachfolgen lassen. Es liegt zunächst in dem specifischen Gewichte ein Hauptgrund zur Beurtheilung und Unterscheidung mancher in der Chemie und Mineralogie vorkommenden Stoffe. Schwerspath und Bitterspath haben in ihrem Aeußeren oft eine so große Aehnlichkeit, daß selbst ein geübtes Auge sie schwer von einander unterscheiden kann; nimmt man aber beide Körper in die Hand, so erkennt man in ihren Gewichten sogleich eine wesentliche Verschiedenheit. Von dem Schwerspath ist das spec. Gewicht $4\frac{1}{2\frac{1}{5}}$ und von dem Bitterspath nur $2\frac{9}{10}$. Bei den Salzsolen und Säuren entscheidet das specifische Gewicht über die Güte der Stoffe; je weniger Wasser nämlich diesen Flüssigkeiten beigemischt ist, um so schwerer sind sie. Auch Weingeist, Branntewein, Bier können mit Hülfe des spec. Gewichtes erprobt werden, weil ihr spec. Gewicht dem des Wassers um so näher kommt, je schwächer, oder je wasserhaltiger sie sind. Man hat auch sehr genaue Tabellen angefertigt, wobei aus dem bloßen spec. Gewichte auf den reinen Procentgehalt an Salz, Säure und Spiritus, geschlossen werden kann, indeß sind doch solche Bestimmungen für den praktischen Gebrauch wenig tauglich, weil sie zum Theil etwas zu umständlich sind, zum Theil aber auch Kenntnisse vom specifischen Gewichte voraussetzen, die im gemeinen Leben noch selten angetroffen werden, daher ist man auch auf leichtere Mittel bedacht gewesen. Die Hausfrauen erproben z. B. ihre Salzsole zum Einpöckeln des Fleisches, und ihre Lauge zum Seifekochen daran, daß diese Flüssigkeiten ein frisch gelegtes Ei, welches um $\frac{9}{100}$ schwerer als reines Wasser ist, tragen können. Eben so wissen die Liqueurfabrikanten, daß der Spiritus schon eine namhafte Güte habe, wenn ein Hanfkorn, oder ein Stückchen Speck darin untersinkt, und daß er noch weniger wasserhaltig sei, wenn Terpentinöl darin zu Boden sinkt, oder wenn er, auf Schießpulver gegossen und angezündet, so rein aufbrennt, daß das Pulver nicht mehr feucht bleibt, und also

von dem letzten Spiritusflämmchen noch aufblitzen kann. Alle diese Merkmale sind recht gut, und mögen für sehr viel Fälle schon vollkommen ausreichen, indeß enthalten sie doch noch viel zu wenig Unterscheidungszeichen, um den Männern vom Fache auf einer Saline, in einer Seifensiederei, Spiritusbrennerei und Liqueurfabrik, vollkommen genügen zu können. Für solche Leute hat man Instrumente erfunden, welche, ohne große Umstände, das Erforschen der Güte jener Flüssigkeiten möglich machen; ihre Beschreibung soll in dem folgenden Paragraphen gegeben werden.

§. 144.

Der allgemeine Name der eben erwähnten Instrumente ist Aräometer; sie werden auch wohl Solwagen, Alkoholometer, Bier-, Wein-, Mostproben genannt, je nachdem sie sich auf eine besondere Flüssigkeit beziehen. In jetziger Zeit besteht ein solcher Apparat gemeiniglich aus einer Glasröhre AB, wobei der F. 27.
untere kugelförmig auslaufende Theil B mit Queckſilber oder Bleischrot gefüllt ist, um der ganzen Vorrichtung an dieser Stelle ein specifisches Uebergewicht zu geben, wodurch sie beim Eintauchen in eine Flüssigkeit beständig in vertikaler Lage erhalten werden kann. Ist nun ein solcher, in dem oberen Theile mit Luft gefüllter Körper leichter, als eine Quantität Flüssigkeit, die sein körperlicher Raum zu verdrängen im Stande ist, so schwimmt er in dieser Flüssigkeit, und wird darin gerade so tief untersinken, bis er, dem Gewichte nach, eben so viel Flüssigkeit verdrängt hat, als er selbst wiegt. Soll nun dieses Instrument zu einem Alkoholometer eingerichtet werden, so merkt man sich den Punkt a, bis zu welchem der Körper bei reinem Wasser untertaucht, und bezeichnet diesen Punkt mit 0^0. Hierauf mischt man zu 95 Theilen Wasser 5 Theile des stärksten Spiritus, und taucht das Instrument AB in dieses Gemisch; angenommen, es sänke hierin bis c hinab, so setzt man an diesen Punkt 5^0, um damit anzudeuten, daß 100 Theile einer solchen Flüssigkeit 5 Theile reinen Spiritus enthalten. Eben so mischt man ferner zu 90, 85, 80 Theilen Wasser noch 10, 15, 20 Theile des reinen Spiritus, taucht AB in jedes dieser Gemische, und bemerkt bei der entsprechenden Tiefe des Untertauchens die Nummern 10^0, 15^0, 20^0 u. s. w. Eine solche Procentscala ist gewöhnlich auf einem Papierstreifen möglichst genau angegeben, und im Innern von

AB befestigt. Oben in A pflegt man diesen Apparat zuzuschmelzen, um ihn vor dem Eindringen der Feuchtigkeit und des Staubes zu schützen. Soll nun die Güte irgend eines Spiritus danach erprobt werden, so untersucht man, wie tief das Alkoholometer darin eintaucht; wäre dies bis 43°, so schließt man daraus, daß 100 Theile von dem Spiritus 43 Theile möglichst wasserfreien Spiritus enthalten. Beiläufig wollen wir uns nur noch merken, daß das spec. Gewicht von dem Alkohol, welcher so viel als möglich vom Wasser befreiet worden ist, $\frac{4}{5}$ von dem des reinen Wassers beträgt.

Die Einrichtungen der Solwage geschehen auf ähnliche Weise, nur mit dem Unterschiede, daß hierbei die Kugel B viel schwerer gemacht wird, als vorhin bei dem Alkoholometer, damit der ganze Körper AB in destillirtem Wasser möglichst tief untertauche, und die Eintheilung von Oben nach Unten dabei vorgenommen werden kann. — Uebrigens muß man sich doch hüten, diesen Instrumenten einen gar zu weit ausgedehnten Glauben zu schenken; denn die zu untersuchenden Spirituſſe und Salzsolen sind selten reine Gemische aus Wasser und Wasserfreiem Spiritus, oder Salz, wie es stillschweigend bei der Konstruktion der Instrumente angenommen wurde. Es enthalten zum Beispiel die in den Salinen vorkommenden Solen noch erdige Theile, und die sogenannte Bittersole macht oft den 7ten Theil des Ganzen aus. Soll also eine solche Untersuchung genau ausfallen, so läßt sich eine chemische Analyse der Flüssigkeit nicht umgehen.

Als historische Merkwürdigkeit sind hier noch die Danziger Bierproben zu erwähnen, welche, sehr zierlich aus Bernstein gearbeitet, von den früheren Danziger Bierfreunden als ein Gegenstand der Mode in der Tasche getragen wurden, und in der Regel nur ein einziges rothes Merkzeichen für das gute Bier besaßen.

§. 145.

Das sp. Gewicht kann ferner noch zu genauen Ausmessungen der Größe eines unregelmäßigen, mit Hülfe der Geometrie nur unvollkommen zu berechnenden Körpers benutzt werden. Von einem Marmorblock soll man z. B. den Inhalt nach Kubikfuß auffinden; sein Gewicht in der freien Luft sei 354 Pf., und sein Gewichtsverlust im Wasser 130 P., daraus folgt, daß sein kubischer Raum eben so groß sei, als der für 130 P. Wasser. Nun wiegt 1 Ku-

uß Waſſer 53 P., alſo ſchließt der Marmorblock eben ſo viel
bikfuß in ſich, als 53 in 130 enthalten ſind, das iſt $2\frac{24}{53}$
bikfuß. Bei einer ſolchen Beſtimmung wird natürlich eine durch
) durch gleichmäßige Materie vorausgeſetzt. — Der Menſch iſt
; eben ſo ſchwer als Waſſer, aber nicht überall von derſelben
chtigkeit, daher kann man von einem 159 P. ſchweren Menſchen
ht wohl ſagen, daß ſeine körperliche Materie 3 Kubikfuß aus-
che. — Auch umgekehrt läſſt ſich von dem kubiſchen Inhalte
er dem ſpec. Gewichte nach bekannten Materie auf das abſolute
wicht zurückſchließen. Es betrage z. B. die zu einem Monu-
nte erforderliche Granitmaſſe 700 Kubikfuß; von dem Granit
aber das ſp. Gewicht 3 mal ſo ſchwer als vom Waſſer; da nun
Kubikfuß Waſſer 53 P. wiegt, ſo iſt von einem Kubikfuß
anit das Gewicht 159 P., und mithin von den 700 Kubik-
; 111300 Pf.

§. 146.

Schwimmende Körper beſitzen gerade ſo viel abſolutes Ge-
cht, als die Flüſſigkeit, welche ſie bei dem ungezwungenen Ein-
achen darin aus dem Wege drängen. Hierauf ſtützt man unter
dern die Gewichtsbeſtimmung eines leeren Schiffes, und auch die
erechnung von der Laſt, welche ein ſolches Fahrzeug zu tragen
i Stande iſt. Iſt nämlich ein neues Schiff von Stapel gelaſſen,
wird zunächſt abgemeſſen, wie tief daſſelbe leer eintaucht in's
aſſer. Nach dieſer Ausmeſſung läſſt ſich dann mit Hülfe des
iſſes von dem Schiffe der Kubikinhalt des Waſſers berechnen,
ches von dem Schiffe verdrängt wird. Angenommen, man fände
rfür 940 Kubikfuß, und es wiege 1 Kbfß. Seewaſſer 54 P.,
iſt das Gewicht des leeren Fahrzeuges 50760 P. Ferner
mt man auch die Tiefe, bis zu welcher das Fahrzeug ohne Ge-
hr des gänzlichen Verſinkens untertauchen kann, und es läſſt ſich
eder auf eben die Weiſe der Kubikinhalt des Waſſers berechnen,
ches vom Schiffe noch weiter aus dem Wege geräumt werden
üſſte, um bis zu dieſer Grenze hinabzuſinken. Es möge
eſer Raum 20 000 Kubikfuß ſein, dann kann ein ſolches Schiff
ch mit 1 080 000 Pfd. befrachtet werden. — Eine Schiffs-
dung wird nach Tonnen, d. h. nach Gewichtsmengen von 2000 Pfd.
urtheilt, daher könnte das in Rede ſtehende Schiff eine Ladung

von 540 Tonnen in ſich aufnehmen. Es gibt Schiffe, welche 1200 Tonnen zu tragen im Stande ſind. Um von der Größe dieſer ſehr bedeutenden Gewichtsmenge einen anſchaulichen Begriff zu bekommen, ſo wollen wir annehmen, daß im Durchſchnitt das Gewicht eines Menſchen 120 Pfd. betrage, dann würde ein ſolches Fahrzeug, im Fall es auch übrigens dazu eingerichtet wäre, mit 20000 Menſchen, alſo mit der dreifachen Bevölkerung von ganz Helmſtedt, davon ſegeln können.

§. 147.

Körper, welche ſpecifiſch ſchwerer als Waſſer ſind, werden durch Aushöhlen und durch Verbindung mit leichteren Stoffen zum Schwimmen gebracht. Kupfer iſt 9 mal ſo ſchwer als Waſſer, und ſinkt als dichtere Maſſe ſehr raſch darin unter; formt man dieſes Metall dagegen zu einer hohlen Kugel, ſo ſchwimmt es auf dem Waſſer. Eine nicht zu kleine Anzahl ſolcher Kugeln kann eine ſehr ſchnelle und ſichere Grundlage für Kriegsſchiffbrücken abgeben. Eine dieſer Kugeln von 2 Fuß Durchmeſſer ſchließt $4\frac{1}{2}$ Kubikfuß Raum in ſich, und wiegt etwa 30 Pfund. Das verdrängte Waſſer, wenn die Kugel ganz untergetaucht wäre, iſt $4\frac{1}{2}$ mal 53, d. i. $222\frac{3}{5}$ Pfd. ſchwer, folglich kann jede ſolche Kugel noch eine Laſt von $192\frac{3}{5}$ Pfd. tragen, bis ſie zum gänzlichen Verſinken zu bringen iſt. — Die meiſten Menſchen ſind ziemlich eben ſo ſchwer als Waſſer, und verlieren daher hierin untergetaucht ihr ganzes Gewicht. Die Geſchicklichkeit des Schwimmens beruht auf dem Stoße, womit Hände und Füße den Körper ſowohl im Waſſer fortſchieben, als auch im Gleichgewichte zu erhalten wiſſen, — dann beruhet ſie aber auch in der Beherrſchung und zweckmäßigen Anwendung des Athmens. Legt ſich der Menſch in dem Waſſer ganz ruhig auf den Rücken, biegt dabei den Kopf ſo weit zurück, daß die Naſe am höchſten zu liegen kommt, ſo hat er nur nöthig, ganz kurz zu athmen, oder ſich vor tiefen Ausathmungen in Acht zu nehmen, und er wird ſich ohne weitere Bewegungen ganz von ſelbſt ſchwimmend auf der Oberfläche des Waſſers erhalten können. Die Bruſthöhlen bleiben nämlich bei dieſer Lage und dieſem Athmen möglichſt weit ausgedehnt, und der menſchliche Körper kann ſo recht gut mit einem ausgehöhlten Körper verglichen werden. — Die Fiſche haben zum Zwecke des Schwimmens noch

laſen im Körper, welche ſie, je nachdem ſie ſinken oder ſteigen
ollen, mehr zuſammenpreſſen oder ausdehnen, oder bald etwas
n Luft befreien, bald wieder ſtärker damit anfüllen können. Auch
enſchen erleichtern ſich zuweilen das Schwimmen dadurch, daß
ſich mit Luft aufgeblaſene thieriſche Blaſen, oder auch einige
tücke Korkholz unter die Arme binden. Hierbei iſt aber die
ößte Vorſicht anzurathen, und überhaupt mehr davor zu warnen,
zu empfehlen, weil ſehr leicht durch ein unrichtiges Anbinden ſol-
r Körper der Obertheil des menſchlichen Körpers das Ueberge-
cht bekommen kann, und dann der Kopf mit ſtarker Kraft unter
s Waſſer hinabgedrückt wird. In Göttingen zeigt man noch
en Panzer aus Korkholz als Warnungszeichen vor, weil ein
tudent, der ihn unvorſichtig angelegt hatte, dadurch ſeinen Tod
Waſſer gefunden hat. — Bei manchen Menſchen iſt weder
e beſondere Geſchicklichkeit zum Schwimmen, noch ein ſolcher
chwimmgürtel nöthig; ſie ſind ſpecifiſch leichter als Waſſer, und
wimmen darin wie Kork und Holz ganz von ſelbſt. Dies iſt
wöhnlich bei ſehr dicken, fetten Leuten der Fall, wobei das über
n ganzen Körper verbreitete Fett an den Platz des Luft oder Kork-
nzers tritt. Unter dieſen Leuten hat ſich beſonders der Prieſter
aolo Moccia zu Neapel einen berühmten Namen erworben.
wog nicht weniger als 300 Pfund außer dem Waſſer, dabei
wamm er ſo leicht in dieſem Elemente, wie ein Kork, und er
nte erſt dann bis zum gänzlichen Untertauchen gebracht werden,
nn man ihn noch mit einem Gewichtſtücke von 30 Pfund belaſtete.

§. 148.

Auf ähnliche Weiſe, wie wir die Möglichkeit des Schwimmens
hler Körper nachgewieſen haben, läſſt ſich auch das Emporſteigen
s Luftballons in der Luft erklären. Angenommen, ein ſolcher Ballon
ege unangefüllt mit der darunterhängenden Gondel und zwei
ftſchiffern 600 Pfd., aufgeblaſen nehme er eine kugelförmige Geſtalt
n 26 bis 27 Fuß Durchmeſſer, alſo einen körperlichen Raum von
) 000 Kubikfuß ein. Mit atmoſphäriſcher Luft gefüllt, würde
$\frac{13}{10000}$ ſo viel als mit Waſſer gefüllt, alſo 689 Pfund wiegen,
it Waſſerſtoffgas (§. 142) gefüllt, würde er aber nur $\frac{1}{15}$ dieſes
ewichts, d. i. 46 Pfd., betragen; folglich könnte der Ballon mit

allem Zubehör 643 Pfd. schwer sein, ehe er vom Emporsteigen zurückgehalten würde; da aber das zurückhaltende Material nur 600 Pfd. wiegt, so bleiben noch 43 Pfd. Kraft zum Emporsteigen übrig.

Von dem Schwerpunkte.

§. 149.

Von dem allgemeinen Begriff der Schwere der Materie ist ferner noch der des Schwerpunktes abzuleiten. Es lässt sich nämlich bei jeder begrenzten schweren Materie innerhalb ihrer Grenzen ein Punkt nachweisen, in welchem ihr ganzes Gewicht vereinigt gedacht werden kann, ein solcher Punkt heißt der Schwerpunkt dieser Materie. Wir müssen nun zeigen, was uns zu der allgemeinen Annahme eines Schwerpunktes in jeder begrenzten Materie berechtigt, und dann, wie weit es uns möglich ist, einen solchen Punkt auf geometrischem oder mechanischem Wege wirklich aufzufinden. Was den ersten Theil dieser Untersuchung betrifft, so denken wir uns zunächst die begrenzte Materie von der Kohäsionskraft zusammengehalten, und in allen einzelnen Punkten ganz gleich schwer, oder, was eben das sagen will, gleich stark vom Mittelpunkte der Erde angezogen. Wäre nun z. B. PQR eine solche Materie, und A,B zwei Punkte, in denen die Kraft der Schwere ganz gleich thätig ist, so können wir uns vorstellen, daß A mit B durch eine unbiegsame mathematische gerade Linie verbunden sei, weil die Kohäsion der Materie das Gleichbleiben der Entfernung dieser beiden Punkte und das Verharren derselben an ihrem Platze bedingt. Wir haben also eine unbiegsame gerade Linie AB, in deren Endpunkten ganz gleiche Parallelkräfte nach derselben Gegend hin thätig sind, und von einer solchen Linie wissen wir, (§. 71, §. 75), daß gerade in ihrer Mitte C der Unterstützungspunkt angebracht sein muß, um die von den genannten beiden Kräften beabsichtigte Bewegung zu vernichten, und daß diese Unterlage gerade so viel
F. 28. zu tragen habe, als die beiden Kräfte in A,B zusammengenommen bewirken können. Hieraus folgt also, daß man sich im Punkte C die Vereinigung der Wirkung von den beiden gleich schweren

Punkten A,B gedenken kann. Nehmen wir ferner noch einen dritten Punkt D in PQR an, der auf dieselbe Weise von der Schwere getrieben wird, wie A, B; so denken wir uns zunächst die Wirkung von A, B in C vereinigt, und C mit D durch eine gerade Linie verbunden; dann sind in den Endpunkten von CD wieder Parallelkräfte nach derselben Gegend hin thätig, wovon die in C noch einmal so groß ist, als die in D, folglich muß (§. 72., §. 75.) auch der Unterstützungspunkt E noch einmal so nahe an C, als an D gelegen sein. Ist dieser Punkt E aufgefunden und gehörig fest, so ist auch die Wirkung aus C und D vernichtet, und in E vereinigt anzusehen. Auf diese Weise haben wir die Wirkung der Schwere von 3 Punkten A, B, D in den einzigen Punkt E vereinigt, und wir können E als den Schwerpunkt von A, B, D ansehen. In dem hier angewandten Verfahren erkennt man schon die Möglichkeit, wie die Wirkungen von 4, 5, 6, und überhaupt von allen schweren Punkten einer begrenzten Materie sich in einen einzigen Punkt vereinigen lassen, und daß also bei solchen Materien immer ein Schwerpunkt denkbar sei.

§. 150.

Stellen wir uns unter AB eine unbiegsame mathematische F. gerade Linie vor, welche in jedem Punkte gleich stark von der Schwerkraft zur Bewegung getrieben wird, so liegt ihr Schwerpunkt genau in der Mitte C von AB. Hiervon überzeugt man sich sogleich, sobald man nur ACB als eine Summe von unzählig vielen gleicharmigen mathematischen Hebeln ansieht, welche alle in C ihren Ruhepunkt besitzen, und in ihren Endpunkten von gleichen Parallelkräften zur Bewegung um C getrieben werden, und mithin alle in Ruhe bleiben müssen, so lange C darin verharrt. Dieser Punkt C kann (§. 71., §. 75.) nur mit einer Kraft von der Bewegung zurückgehalten werden, welche eben so groß ist, als die Summe der Schwerkraft in allen Punkten der Linie AB, welche also eben so groß ist, als das Gewicht der Linie AB. Folglich bewirkt das ganze Gewicht von AB in C vereinigt gedacht, eben so viel, als die Schwere in allen einzelnen Punkten von AB zusammengenommen; es ist also C der Schwerpunkt.

Ist ABCD eine gebrochene unbiegsame Linie, welche in jedem F. Punkte gleich stark von der Schwerkraft zur Bewegung getrieben

wird, ſo liegt von jedem geradlinichten Theile AB, BC, CD dieſer Linie der Schwerpunkt gerade in der entſprechenden Mitte E, F, G. Sucht man nun von dieſen einzelnen Punkten, wie wir das eben gelernt haben, den Schwerpunkt M, ſo iſt dieſer zugleich der Schwerpunkt von der gebrochenen Linie ABCD. Es folgt hieraus zugleich, daß von einer gebrochenen Linie der Schwerpunkt nicht in der Linie ſelbſt zu liegen braucht.

Denken wir uns nun, daß in der Geometrie krumme Linien als gebrochene angeſehen werden, wobei die einzelnen geraden Theile unendlich klein ſind, ſo ſehen wir hier ſchon eine Möglichkeit, wie mit Hülfe der Geometrie auch von ſchweren krummen Linien der Schwerpunkt zu finden ſei. — Bedenken wir ferner, daß in der Geometrie alle ebenen Figuren durch das Fortbewegen von geraden Linien zwiſchen Grenzen entſtanden gedacht werden, ſo wie alle Körper durch ein Fortbewegen von Ebenen zwiſchen Grenzen, — ſo erkennen wir auch im Allgemeinen die Möglichkeit, wie man von den Schwerpunkten der Linien zu denen der Flächen, und von dieſen zu denen der Körper, auf dem Wege der Konſtruktion und Rechnung gelangen könne. Mehr läſſt ſich hierüber nicht ſagen, ſobald, wie hier, die Kenntniſſe der Geometrie nicht vorauszuſetzen ſind.

§. 151.

Um bei einem Körper aus der Wirklichkeit auf mechaniſche Weiſe zu dem Schwerpunkte zu gelangen, ſo bringt man ihn auf einer geradlinichten horizontalen ſcharfen Unterlagen, in drei verſchiedenen Lagen, ſo viel als möglich in's Gleichgewicht, und merkt ſich die jedesmalige Richtung der Vertikalebene in dem Körper durch die Schärfe der Unterlage; da nun der Schwerpunkt in jeder dieſer Vertikalebenen liegen muß, ſo ſieht man leicht, daß er der gemeinſchaftliche Durchſchnittspunkt dieſer drei Ebenen iſt. Auf ähnliche Weiſe gelangt man zu dem Schwerpunkte durch ein zweimaliges Aufhängen des Körpers an einer feinen biegſamen Schnur, wobei dann die jedesmalige Richtung der Schnur auch den Schwerpunkt des Körpers in ſich haben muß, folglich wird der Durchſchnittspunkt dieſer beiden Richtungen der Schwerpunkt ſelbſt ſein. Es werden allerdings bei dieſer Art, den Schwerpunkt eines Körpers zu beſtimmen, ſehr viele, oft gar nicht zu überwindende Schwierigkeiten

den Weg treten; deſſenungeachtet können wir doch von dem wirk-
hen Vorhandenſein eines ſolchen Schwerpunktes verſichert ſein,
eil Schlüſſe von ſtreng geometriſcher Gewißheit eine ſolche An-
ahme nothwendig machen.

§. 152.

Die gerade Verbindungslinie zwiſchen dem Mittelpunkte der
Erde und dem Schwerpunkte irgend eines irdiſchen Körpers wird,
n Bezug auf den letzteren, die Direktionslinie der Schwere genannt.
Kann ein Körper den Wirkungen der Schwere in ihm Folge leiſten,
o fällt er, und bei dieſem Fallen liegt in ſeinem Schwerpunkte
as Beſtreben, dem Mittelpunkte der Erde in der Direktionslinie
er Schwere näher zu kommen, oder, was daſſelbe ſagen will, von
er Höhe mehr in die Tiefe zu gelangen. Soll nun ein ſolches
Fallen nicht Statt haben, ſo muß der Körper entweder in der Di-
ektionslinie der Schwere ſelbſt, oder doch wenigſtens ſo unterſtützt
ſein, daß der Schwerpunkt, blos von dem Gewichte des Körpers
getrieben, keine tiefere Lage annehmen kann. Eine in a an einem F. 81.
biegſamen Faden ab aufgehängte Kugel A iſt vor dem Fallen, und
überhaupt vor der von der Schwerkraft bewirkten Bewegung ge-
ſchützt, ſobald ab nur die gehörige Stärke beſitzt, und ſeine Rich-
tung genau mit der Direktionslinie abdc der Schwere in eine ein-
zige gerade Linie zuſammenfällt. Eben ſo wäre die Kugel A auch
or dem Fallen geſchützt, wenn ſie nicht aufgehängt, ſondern auf
iner hinreichend feſten Spitze cd ruhete, ſo, daß die Direktionslinie
bdc der Schwere genau mit der Unterſtützung dc in gerader Linie
äge. In beiden Unterſtützungsarten kann von dem Körper A nicht
her ein Verfolgen der Richtung ſeiner Schwere möglich werden,
ls bis die Unterlage aus dem Wege geräumt iſt.

§. 153.

Iſt aber die in a an der Schnur ab aufgehängte Kugel A
n eine ſolche Lage gebracht, daß die Direktionslinie cg der Schwere F. 82.
icht in die Richtung abc der Unterſtützung fällt, ſo iſt ſie vor
em Hinabfallen nicht geſchützt. Es wirken in dieſem Falle
wei in c vereinigten Kräfte, nämlich die Schwere des Körpers
nd die Kohäſion des Fadens. Der Körper wird, vermöge ſeines
Gewichtes, in der Richtung cg zum lothrechten Fallen getrieben, aber
n der Richtung ca von der Kraft des Zuſammenhanges im Faden

ba daran behindert, woraus alſo, nach der Lehre vom Parallelogramm der Kräfte (§. 76.), folgt, daß der Schwerpunkt c, bei dem Hinabſinken in die Tiefe, fortwährend einer Diagonalrichtung, in dem um a gelegenen Kreisbogen ce, folgen müſſe. Hat bei dieſer Bewegung c den tiefſten Punkt e erreicht, ſo fällt allerdings die Richtung ae des unterſtützenden Fadens mit der Direktionslinie der Schwere eg zuſammen; indeß wird er dadurch doch noch nicht zur Ruhe kommen können, weil er in der zu ae ſenkrechten Richtung el eine zur Fortſetzung der Bewegung treibende Kraft mitbringt, welche ihn bis zu ihrer Vernichtung, von der beſtändig entgegenwirkenden Schwere und der Kohäſionskraft der Schnur hervorgebracht, von e bis f eben ſo hoch wieder empor zu treiben ſtrebt, als er von ſeiner erſten Lage c herabgefallen iſt. Hieraus erklären ſich die ſchwingenden Bewegungen eines nach eben beſchriebener Weiſe aufgehängten Körpers, welchen man das Pendel nennt.

F. 33. Beſitzt die Kugel A, in b auf eine gehörig feſte ſpitze Unterlage db geſtützt, eine ſolche Lage, daß die Direktionslinie eg der Schwere nicht mit der Richtung bd der Unterſtützung zuſammenfällt, ſo erkennt man leicht, daß der Punkt c in einer, zwiſchen eg und el gelegenen, Diagonalbahn ch, oder daß der ganze Körper A durch Drehung um b in die Tiefe hinabfallen müſſe. Die Gründe hierfür ſind den vorhin angeführten ganz ähnlich, ſobald man nur bedenkt, daß in der Richtung bcl die Kraft des Zuſammenhanges der Kugel, ihre Kohäſion, thätig iſt.

§. 154.

Um einem Körper eine, das Fallen recht ſicher verhütende, Unterſtützung zu geben, ſo läſſt man dieſe in mehr als einem Punkte
F. 34. beſtehen. Unter A wollen wir uns eine horizontale, gleichmäßig ſchwere Kreisſcheibe, etwa von Stein, vorſtellen, welche alſo in ihrem Mittelpunkte c zugleich den Schwerpunkt beſitzt, und die Direktionslinie der Schwere ſei pcq. Iſt nun dieſe Scheibe in den beiden Punkten a, b, welche mit dem dazwiſchen liegenden c in derſelben geraden Linie acb gelegen ſind, entweder von Oben herab durch Schnüre, oder von Unten hinauf durch feſte Spitzen unterſtützt, ſo wird ſie nicht fallen, weil der Punkt c nicht eher in pq hinabſinken kann, als bis es die beiden Punkte a, b auch können,

) dieſe werden von der Unterſtützung feſtgehalten und vor dem
len bewahrt.

Liegen die beiden Punkte a, b mit dem dazwiſchen befind- F. 85.
en Schwerpunkte c nicht in einer einzigen geraden Linie, ſo kann
Punkt c ſeinem Beſtreben, in eine tiefere Lage zu kommen,
urch Folge leiſten, daß er die Scheibe A um ab auf der Seite,
er liegt, in die Tiefe hinabdrehnt. Soll in einem ſolchen Falle
Körper A vor dem Falle geſchützt bleiben, ſo muß noch ein
tter Unterſtützungspunkt d ſo angenommen werden, daß das ſo-
annte Kippen der Scheibe verhindert wird, und dieſes Kippen
d nicht Statt haben, ſobald das Dreieck abd, welches aus der
adlinichten Verbindung der drei Unterſtützungspunkte entſteht, den
hwerpunkt c innerhalb ſeiner Grenzen beſitzt. — Denken wir
s aber dieſen Schwerpunkt wieder außerhalb der Grenzen des
reiecks abd, ſo kann er durch das Drehen der Scheibe um zwei
terſtützungspunkte in die Tiefe gelangen, weil ihm die dritte
ütze dabei gar nicht hinderlich iſt. In einem ſolchen Falle muß
weder die dritte Stütze im Vergleich zu den beiden anderen eine
gegengeſetzte Lage annehmen, oder man muß zu einer vierten
terlage ſeine Zuflucht nehmen. Bei dieſen 4 Stützpunkten wird,
das Fallen des Körpers zu verhindern, wieder dieſelbe Bedin-
ng zu machen ſein, daß nämlich der Schwerpunkt innerhalb der
enzen des Vierecks liegen müſſe, welches aus den geraden Ver-
bungslinien der vier Stützpunkte entſteht. Eine ſolche, aus
geraden Verbindungslinien der Stützpunkte gebildete Fläche
ßt Unterſtützungsfläche, und es folgt aus dem Vorher-
enden ſchon im Allgemeinen, daß das Bewahren feſter Körper
dem Fallen hauptſächlich davon abhängt, daß die Direktionslinie
Schwere die Unterſtützungsfläche innerhalb ihrer Grenzen durch-
neide. Auf ähnliche Weiſe wollen wir nun in dem folgenden §.
h deutlich zu machen ſuchen, daß der Grad der Feſtigkeit eines
ß durch die Schwere zur Bewegung getriebenen Körpers von der
öße der Unterſtützungsfläche und von der Entfernung des Schwer-
nkts dieſer Fläche abhängig ſei.

§. 155.

Es iſt hier zuerſt nachzuweiſen, wonach wir den Grad der
igkeit, den ein Körper von dem Drucke ſeines eignen Gewichtes

viel größer als der andere bac, und daher auch die auf den Angriff des Gegners berechnete Festigkeit die bei weitem stärkere.

§. 157.

Hat der Körper eines Menschen, außer seinem eignen Gewicht, noch eine Last zu tragen, von der die Direktionslinie der Schwere nicht mit der des Köpers zusammenfällt, so wird dieser in eine von der Last abgekehrte übergebogene Lage gebracht, bis die Direktionslinie der Schwere beider Körper die Unterstützungsfläche treffen kann. Es ist z. B. A ein Mann, der vor sich ein Fäßchen bis
F. 88. zu seinen Knieen emporgehoben und die zum Feststehen nöthige Stellung angenommen hat. Der Schwerpunkt der Last sei b und der des Menschen a, dann liegt der Schwerpunkt von beiden Körpern zusammengenommen in der geraden Verbindungslinie ab, und zwar in eben dem Maße näher an a, in welchem das Gewicht des Menschen größer ist, als das des Fäßchens, oder umgekehrt, wenn die Last schwerer sein sollte, als der menschliche Körper; dieser Schwerpunkt falle in c, und zwar so, daß die Direktionslinie cd der Schwere gerade in die Mitte der Unterstützungsfläche ef treffe, dann ist die Stellung des Menschen A möglichst fest. Ein Mensch, der auf dem Rücken einen schweren Tragkorb, oder eine andere schwere Last trägt, bückt sich vorn über, und wenn Jemand am rechten Arme einen Handkorb, Eimer oder einen anderen schweren Körper hängen hat, so lehnt er sich nach der linken Seite. Trägt eine Person ihre Last auf dem Kopfe, so fallen die Direktionslinien der Schwere von beiden Körpern in eine einzige zusammen.

§. 158.

Jetzt wollen wir versuchen, uns deutlich zu machen, auf welche Weise der Mensch die Lage seines Schwerpunktes beim Gehen verändern und unterstützen müsse, um sich vor dem Umfallen schützen, und überhaupt sein Gleichgewicht und die gehörige Festigkeit bewahren zu können. Es gehört zuerst das Emporheben des einen Fußes zu der Bewegung des Gehens, und dieses Emporheben ist nicht anders auszuführen, als daß der Körper nach der entgegengesetzten Seite etwas hinübergebogen wird, bis die Direktionslinie der Schwere in die Unterstützungsfläche des nicht aufzuhebenden Fußes fällt, und auf diesem das ganze Gewicht des Körpers ruhen

ann. Um ſich davon zu überzeugen, daß zu dem Aufheben des
inen Fußes ein ſolches Ueberbiegen des Körpers nothwendig ſei,
o ſtelle man ſich nur mal mit der einen Seite des Körpers dicht
n eine vertikale Wand, und verſuche es, auf der anderen Seite
en Fuß empor zu heben, ſo wird man fühlen, daß dies ohne ein Um-
allen nicht auszuführen iſt. Der zweite Moment des Vorwärtsgehens
eſteht in einem Vor- und Hinüberbeugen des Körpers, bis die Direk-
ionslinie der Schwere über die Unterſtützungsfläche des ruhenden Fu-
es hinübergekommen iſt, und mithin ein Fallen nach dieſer Seite
in erfolgen müſſte. Dieſes Fallen wird aber durch das Vorhalten
es zu Anfang aufgehobenen Fußes verhindert, der bei dem Ueber-
ippen des Körpers den Boden berührt, und eine neue Unterſtützung
ildet. Will man ſich durch einen Verſuch überzeugen, daß mit
em Körper auch dieſe zweite Bewegung des Gehens vorgenommen
erden müſſe, ſo ſtelle man ſich aufrecht mit dem Rücken an eine
ertikale Wand, hebe den einen Fuß empor, und bemühe ſich einen
Schritt vorwärts zu thun, ſo wird man ſich ſogleich überzeugen,
as dies nicht ohne ein Ablehnen von der Wand möglich iſt. Es
ehört alſo zum Gehen, ſo weit es ſich auf die Bewegung und
nterſtützung des Schwerpunktes bezieht, außer dem wechſelſeitigen
ufheben und Niederſetzen der Füße, auch noch ein unmittelbar da-
it verbundenes Beugen des Körpers zur Seite und nach Vorn
azu, ſo, daß der ganze Mechanismus hauptſächlich darauf beruhet,
as Fallen des Körpers nach Vorn fortwährend erſt zu veranlaſſen
nd gleich darauf wieder zu verhindern.

§. 159.

Die Unterſuchungen über das Laufen, Springen und Tanzen
ühren zu ähnlichen Reſultaten, wie wir ſie eben bei dem
Gehen entwickelt haben, nur mit dem Unterſchiede, daß die
Bewegungen hier viel raſcher und mit mehr Gewandtheit ausgeführt
erden müſſen, ſo daß der Körper auf Augenblicke auch oft ganz
hne Unterſtützung in der Luft ſchwebt. Wie weit es in dieſer
rt eine von angebornen Talenten unterſtützte Uebung bringen kann,
ifft ſich bei den Kunſtreitern, Balett- und Seiltänzern am meiſten
ewundern. Die letzteren erleichtern ihre Kunſtſtücke nicht ſelten
urch eine Ballancierſtange, mit der ſie durch ein gewandtes Hin-

und Herſchieben, Senken, Heben, Vor- und Zurückhalten den Schwerpunkt fortwährend über der Unterſtützungsfläche zu erhalten wiſſen.

§. 160.

Sitzen wir auf einem Stuhle, ſo fällt die Direktionslinie der Schwere von unſerem Körper in die Unterſtützungsfläche des Stuhles, und es übernimmt dieſer beinahe unſer ganzes Gewicht, während unſere Füße ausruhen. Wollen wir von dieſem Sitzen uns wieder erheben, ſo müſſen wir die Direktionslinie unſeres Gewichtes auf's Neue über die Unterſtützungsfläche unſerer Füße zu bringen ſuchen, welches gewöhnlich dadurch geſchieht, daß wir den einen Fuß etwas unter den Stuhl ſtellen, und den Oberkörper vorüberbiegen.

§. 165.

Das Stehen, Gehen, Laufen und Springen zweibeiniger Thiere beruhet ziemlich auf denſelben Gründen, wie bei den Menſchen. Bei vierfüßigen Thieren iſt die bei dem ruhigen Stehen vorkommende Unterſtützungsfläche verhältnißmäßig ſehr groß, ſie bildet ein Oblongum und die Direktionslinie der Schwere trifft in ihre Mitte, ſo daß die Feſtigkeit des Stehens nach den beiden Seiten hin am ſchwächſten ausfällt. Zu dem leichteren Darſtellen und Auffaſſen des Gehens bei einem ſolchen Geſchöpfe wollen wir den rechten und linken Vorderfuß mit R und L, und den rechten und linken Hinterfuß mit r und l bezeichnen. Das Thier lehnt ſich, um den Uebergang von dem Stehen zum Gehen zu machen, etwas auf die eine Seite, etwa auf die linke, bis der Schwerpunkt ſeines Körpers auf den 3 Füßen L, r, l ruhet, und R ohne Gefahr des Umfallens emporgehoben werden kann; darauf beugt es ſich mit ausgeſtrecktem R nach Vorn, bis der ganze Körper überkippt, von R, L, r unterſtützt wird und l emporgehoben und nachgezogen werden kann. Auf dieſelbe Weiſe geht es dann auch mit der Bewegung der anderen beiden Füße L und r. Uebrigens folgt dies wechſelſeitige Aufheben und Niederſetzen bei je zwei diagonaliter entgegenliegenden Füße ſo raſch auf einander, daß beides nur einem einzigen Momente anzugehören ſcheint. — Die Pferde und die meiſten anderen vierfüßigen Thiere nehmen, beſonders wenn ſie recht geſchwind laufen wollen, eine

genannte galoppirende Bewegung an, wobei abwechselnd bald beide Vorderfüße, bald beide Hinterfüße, gleichzeitig den Boden berühren, und einen Augenblick zur Stütze und zum Fortstoßen des Schwerpunktes dienen. Diese Art des Springens ist vorzüglich solchen Thieren eigen, welche, wie der Hase und das Känguruh, viel längere Hinter- als Vorderfüße besitzen, und dabei jene ausschließlich zum Vorschieben und Emporschleudern des Körpers gebrauchen, während diese hauptsächlich nur das Geschäft der Unterstützung des Schwerpunktes übernehmen. —

§. 162.

In England pflegt man einer Art von Damenpferden, den sogenannten Paßgängern, einen von der Natur abweichenden, aber für die Reiterinnen höchst angenehmen sanften Gang einzuüben. Diese Thiere werden nämlich so dressirt, daß sie jedesmal die beiden Füße auf einer Seite ganz gleichseitig aufheben und niedersetzen, wodurch dann ein ähnliches Gehen und Laufen, wie bei den zweieinigen Geschöpfen, zum Vorschein kommt. Zur Einübung eines solchen Ganges werden diesen Thieren auf beiden Seiten in der entsprechenden Entfernung, zusammengebunden, so daß sie, bald sie mit Gewalt zum Gehen getrieben werden, nicht anders, als auf die eben beschriebene Weise, fortkommen können. Die Amerikaner nennen diese Pferde auch Naraganſets, weil es an den Ufern der Naraganſetbay, in der kleinen Provinz Providence, wirklich eine, wegen ihrer Ausdauer berühmte Pferderace geben soll, welcher dieser hin und herschaukelnde sanfte Gang ganz ohne Zwang und Kunst eigenthümlich ist. — Früher hielt man den Bären für das einzige vierfüßige Geschöpf, welches einen solchen watschelnden Gang von Natur besitze. — Bei den Sänftenträgern und bei den Zimmerleuten, welche auf ihren Schultern den Balken forttragen, sieht man ebenfalls einen solchen Paßgang, und noch großartiger macht das Militair beim Marschiren davon Anwendung, wo oft tausende von Menschen ganz in demselben Momente einen und denselben Fuß aufheben und niedersetzen.

§. 163.

Von einigen Thieren ist es noch merkwürdig, daß sie auch auf den kleinsten Unterstützungsflächen, wo kaum ihre dicht neben einander gestellten Füße Platz finden können, einen ungewöhnlich

festen Stand zu bewahren wissen. Dies ist besonders bei Gemsen der Fall, welche über schroffe, von tiefen Abgründen umgebene Bergrücken, mit einer unglaublichen Sicherheit hinübereilen, und sich sogar darauf umdrehen können. Etwas Aehnliches erzählt man sich auch von den Saumthieren, welche in Spanien und in der Schweiz die Reisenden ganz ohne Gefahr über schmale, von schrecklichen Tiefen begrenzte Felspfade hinwegtragen. Diese Saumthiere sind in der Schweiz jetzt ganz gewöhnliche fromme Pferde; sie führen aber ihren Dienst eben so gut wie die Esel und Maulesel auf den Pyrenäen aus.

§. 164.

Unter den arabischen Stämmen ist es eine nicht seltene Kunst, Ziegen abzurichten, welche auf ähnliche Weise zur öffentlichen Belustigung und zum Gelderwerb benutzt werden, wie wir es bei uns an Murmelthieren, Hunden, Katzen, Pferden, Bären und Affen gewohnt sind. Ein solcher Gaukler führt außer seiner Künstlerin, auch noch eine kleine Anzahl Cylinder, von $\frac{1}{2}$ Fuß Höhe und 2 Zoll Durchmesser als Kunstapparat bei sich. Will er nun eine Vorstellung zum Besten geben, so setzt er einen dieser Cylinder auf die ebene Erde, und gibt der Ziege, durch das Anheben einer zum Tanz auffordernden Musik, einen Wink zum Springen. Das Thier ist im Nu oben auf dem Cylinder, und weiß sich hier auf einer Fläche, worauf seine vier dicht neben einander gedrängten Füße kaum Platz finden können, nicht allein stillstehend, sondern auch drehend und tanzend im Gleichgewichte zu erhalten. Dann reicht der Gaukler seiner Gefährtin die flache Hand dar, auf welche sie, ohne zu zögern, hinüberhüpft, und hier so lange verweilt, bis ein zweiter Cylinder auf den ersten gestellt ist; sobald dies geschehen, so springt sie auf's Neue hinüber, und producirt wie vorhin ihre Kunststücke auf dem erhöheten Klotze. So wird das Spiel oft bis zu einem Aufthürmen von 8 bis 10 Cylindern fortgesetzt.

§. 165.

Wir haben bisher den Fußboden, auf welchem das Stehen und Gehen vorgenommen gedacht wurde, stillschweigend als fest angenommen, denken wir uns ihn aber selbst in Bewegung begriffen, wie das im gewöhnlichen Leben beim Fahren, Schiffen, Reiten sehr oft vorkommt, so müssen zu den vorigen Erklärungen, über das Feststehen und Gehen, auch noch einige neue hinzugefügt werden.

lt man z. B. auf einem plötzlich vom Ufer abstoßenden Schiffe, auf einem rasch losfahrenden Wagen die freie aufrechte Stel- bei, wie sie bei dem ruhigen Boden zum Feststehen erforderlich so fällt man um, weil zur Mittheilung der Bewegung Zeit erlich ist, und daher die Bewegung des Schiffes oder Wagens m nächsten gelegenen Füßen früher als dem entfernteren Ober- des Körpers mitgetheilt wird, woher es denn kommt, daß dem erpunkte die Unterstützungsfläche davon gefahren wird. Soll aher ein solcher Umfall nicht ereignen, so muß man, wie oben chter, (§. 156.) seinen Körper recht stark nach der Seite hin- , wohin die Bewegung des Fahrens gerichtet ist, weil diese ihnliche Weise auf das Feststehen des Körpers einwirkt, wie Gegner auf den Fechter. Eine solche Haltung des Körpers t man recht oft bei den Kunstreitern wahr, indeß auch eben ufig ein Beieinanderbehalten der Füße; in diesem letzten Falle er dem ganzen Körper eine der Bewegung zugekehrte schräge gegeben, so daß er die Diagonalrichtung annimmt, zwischen nkrecht zur Erde hinabtreibenden Schwerkraft, und zwischen on der Bewegung des Pferdes veranlaßten Bestreben, hinten zu kippen.

§. 166.

Hat man den Körper in die zum Feststehen auf bewegtem e erforderliche Lage gebracht, so wird umgekehrt bei plötzlichem ehen des Fußbodens ebenfalls das Umfallen erfolgen müssen, man sich nicht durch eine frühzeitig vorbereitete entgegenge- Haltung des Körpers davor zu schützen weiß. Dies würde B. ereignen, wenn das Fahrzeug, auf welchem man einige inen freien ruhigen Stand bewahrt hat, auf einmal aufhörte, bewegen, oder wenn man von einem solchen in Bewegung nen Fahrzeuge auf den ruhigen Boden spränge. Um unter Umständen doch das Stehen behalten zu können, so muß örper nach der der Bewegung entgegengesetzten Richtung hin- ebogen werden.

§. 167.

Ein jeder nicht fallende schwere Körper drückt mit seinem ganzen te auf die Unterstützungspunkte, welche ihn vor dem Fallen en. Hieraus folgt schon von selbst, daß, je größer die Zahl

der Unterstützungspunkte ist, um so mehr auch jener Druck vertheilt werden muß. Steht daher ein Mensch auf einem Fuße, so wird sein Gewicht den Platz unter diesem Fuße noch einmal so stark drücken, als wenn er auf beiden Füßen stände. Die Haltbarkeit des Eises pflegt man aus diesem Grunde an den verdächtigen Stellen durch das Emporheben des einen Fußes zu prüfen; kann es das Gewicht eines auf einem Fuße stehenden Menschen tragen, so darf man es ganz ohne Scheu mit beiden Füßen betreten; hört man aber in jener Stellung ein Reißen und Bersten des Eises, oder zeigen sich andere Merkmale, die einen Durchbruch des Eises befürchten lassen, so thut man wohl, sich recht behutsam nieder zu bücken, und auf Händen und Füßen wieder zum Ufer zurückzukriechen, weil in dieser Lage das Gewicht des Menschen auf eine größere Unterstützungsfläche vertheilt wird. — Wenn Jemand beim Schlittschuhlaufen oder auf andere Weise das Unglück hat, durch's Eis zu brechen, so verhindert er — aus einem, ihm unbewusst inwohnenden Triebe, sein Leben zu retten — das gänzliche Untersinken sehr oft dadurch, daß er seine Arme auseinander breitet und quer über das durchbrochene Eis legt. Ist das Eis nun nicht gar zu mürbe, so trägt es den auf die Arme gestützten, durch das Eintauchen in's Wasser bedeutend erleichterten (§. 139.) Körper des Unglücklichen noch eine Zeit lang, und es ist so auf keinen Fall schon alle Rettung verloren. Ein unmittelbarer Beistand, ohne weitere Vorbereitungen, wäre nun sehr wünschenswerth; er ist indeß nur selten möglich, und es ist, im Fall es auch so scheinen sollte, streng davor zu warnen, weil durch das Hineilen zu dem Unglücklichen die Gefahr nur noch vergrößert wird; denn das Eis, welches für einen Menschen keine gehörige Haltbarkeit besaß, wird sie unter denselben Umständen noch viel weniger für zwei oder noch mehr Menschen besitzen. Der erste rathsame Schritt zur Rettung, den die Vorsicht gebietet, besteht in dem Herbeiholen einiger Bretter und Stangen. Von diesen letzteren schiebt man dem Hülfsbedürftigen zwei recht vorsichtig unter die Arme, um diesen so zuverlässigere Stützpunkte zu geben; denn die langen Stangen vertheilen das Gewicht des Körpers über viel mehr Stützpunkte, als es vorhin die Arme allein im Stande waren. Hierauf nähert sich der Rettende dem Unglücklichen mit Hülfe zweier nicht zu schmalen

zu kurzen Bretter, so daß er jedesmal auf dem einen stehen
, während er das andere weiter vorlegt; wobei sein eigenes
cht auf der großen Unterstützungsfläche eines solchen Brettes
kaum den 30sten Theil so stark auf das Eis drückt, als
diese Unterlage. Das weitere Verfahren für diese Art der
leistung ergibt sich von selbst. Uebrigens wäre es sehr wün-
werth, daß bei dem der Gesundheit der Jugend so heilsamen,
dabei doch so leicht mit Lebensgefahr verbundenen Winterver-
n, sich immer einige von den erwähnten Rettungsmitteln in
Nähe befänden.

§. 168.

Tragen die Stützen eines schweren Körpers das Gewicht nicht
eichen Theilen, so läßt sich mit Hülfe der Lehre vom Hebel
die Größe der jeder Unterstützung zukommenden Last schließen. F. 39.
ei AB ein 350 Pfd. schwerer Baumstamm von ungleicher
, welcher auf die Schultern zweier Menschen gestützt fortgetra-
wird. Daß die Person am dickeren Ende A des Stammes
zu tragen habe, als die anderen am dünneren B, ist der
rung längst abgelernt; indeß reicht diese Erfahrung doch noch
aus, wenn man zu wissen wünscht, wie viel von den 350 Pfd.
der Träger zu tragen hat. Um diese Frage zu beantworten,
wir uns den Schwerpunkt in C so gelegen, daß die Entfer-
von C nach A 3 F., und von C nach B 4 Fuß betrage.
wir nun den Baumstamm ACB als einen in B unterstützten
igen Hebel an, welcher in C bei 4 Fuß Entfernung vom
nochlium B mit 350 Pfd. senkrecht zur Erde hinabdrücken-
kraft zur Bewegung getrieben, über in A bei 7 Fuß Entfer-
von der Unterlage B durch die emporhaltende Kraft des Men-
davon zurück gehalten wird, so erkennt man leicht (§. 72.), daß
em A zukommende Last 200 Pfd. sein müsse, weil nur in
Falle die Momente »4 mal 350« und »7 mal 200«
er gleich sein können. B hat dann die noch fehlenden 150 Pfd
igen. Es verhalten sich 200 Pfd. zu 150 Pfd. wie 4 zu
so theilen sich die beiden Träger in der fortzuschaffenden Last
dem umgekehrten Verhältniß der Entfernungen ihrer tragenden
tern vom Schwerpunkte; soll daher die Last des A nicht größer

ſein, als die des B, ſo iſt es nothwendig, daß B eben ſo nahe als A an C herantrete; und will man, daß die Stütze B am dünneren Ende noch mehr als die andere A zu tragen habe, ſo muß ſie in eben dem Maße auch näher als A an dem Schwerpunkte C Platz nehmen.' — In dem eben erklärten Beiſpiele, welches übrigens auch für nicht lebende Stützen, wie Mauerwerk, Säulen, Ständer, Wagenaxen u. ſ. w. paſſt, liegt auch der Grund, warum bei dem Emporrichten eines an dem einen Ende zur Drehung unterſtützten Körpers — wie z. B. bei einer Leiter, einer Fallthüre, einem Balken — die Arbeit um ſo größere Anſtrengung erfordere, je mehr die hebende Kraft dem Schwerpunkte nahe thätig iſt, und daß das oft ſo gefährliche Umſchlagen dieſer Körper erſt da eintritt, wo die Unterſtützung über den Schwerpunkt hinaus fortgeſetzt worden iſt.

§. 169.

Eine recht vielſeitige Anwendung wird in dem Baufache von der Lehre des Schwerpunktes gemacht. Wir wollen hiervon nur Eins herausheben, wie das Feſtſtehen der Gebäude darnach beurtheilt werden kann. Ein jedes Bauwerk beſitzt, als ein zuſammenhängendes Ganze betrachtet, wie jeder andere ſchwere Körper, einen Schwerpunkt. Die Aufgabe eines gewiſſenhaften Baumeiſters iſt nun, dieſen Schwerpunkt zu berechnen, und darauf bedacht zu ſein, daß die Direktionslinie der Schwere ſo viel als möglich mitten in die Unterſtützungsfläche falle. Bei alten Gebäuden, welche ſich ſtark nach einer Seite hinübergelehnt haben, entſteht ſehr leicht die Frage, ob dabei auch kein Umſturz zu befürchten ſei, und es kann dann ebenfalls nur durch die genauere Unterſuchung über die Unterſtützung des Schwerpunktes eine Antwort gegeben werden, welche entweder jene Beſorgniß rechtfertigt, oder aufzuheben im Stande iſt. — Einige ſchiefen Thürme haben in dieſer Hinſicht ſehr großes Aufſehen erregt. Zu Piſa in der Nähe des Doms ſteht ein 168 Fuß hoher marmorner Glockenthurm, der um 12 F. von der ſenkrechten Richtung abweicht. Er iſt ſchon nahe an 700 Jahr alt und, nach den neueſten Nachforſchungen, wahrſcheinlich gleich bei ſeiner erſten Begründung abſichtlich ſchief gebaut; die Unterſtützung ſeines Schwerpunktes iſt indeß ſo wohl berechnet, daß er recht gut noch einmal ſo alt werden kann, ohne, wenigſtens ſeiner jetzigen

schiefen Stellung wegen, den Einsturz befürchten zu lassen. In Bologne gibt es noch zwei andere solcher Thürme, welche aber nicht so stark von der senkrechten Lage abweichen, als jener; auch ist in der Nähe zu Osnabrück eine Warte, welche ebenfalls absichtlich schief gebaut sein soll.

Das Profil einer dieser schiefen Thürme sei ABCD; verbindet F. 40
man die Mitte E der unteren Grundfläche mit der Mitte F der oberen Grundfläche, oder mit der höchsten Spitze, wenn ein solcher Thurm eine Spitze haben sollte, durch eine gerade Linie FE, so sagt man von dem Thurme, er stehe schief, sobald diese Verbindungslinie nicht senkrecht zum Horizonte AD gerichtet ist; und wenn man von F auf AD ein Loth fällt, so wird die Schiefe des Thurmes nach der Abweichung dieses Lothes von FE beurtheilt. Der Schwerpunkt des ganzen Thurmes liegt in EF, wir wollen annehmen in S. Ist nun der Thurm schief, so muß die Richtung SG, in welcher sein in S vereinigt gedachtes Gewicht zum Mittelpunkte der Erde zieht, allerdings abweichen von SE; indeß wird der Thurm doch feststehen, so lange SG noch irgend einen innerhalb der Grenzen der Grundfläche AD gelegenen Punkt trifft. Denn wenn nur das Material des ganzen Körpers die gehörige Druckfestigkeit besitzt, so ist dem Bestreben des Schwerpunktes S näher nach G hinabzukommen, ein unübersteigliches Hinderniß in den Weg gelegt. Wäre aber die Richtung der Schwere SH, welche über die Grenzen der Unterstützungsfläche AD hinüberragte, so ist der Umsturz des Thurmes mit Recht zu befürchten, weil so dem Bestreben des Schwerpunktes S, in der Richtung SH näher zur Erde zu gelangen, weiter kein Hinderniß im Wege liegt, als das Ueberwinden der Zugfestigkeit des Kittes, mit dem das Mauerwerk in der Nähe des Erdbodens unter sich verbunden ist.

§. 170.

Jetzt wollen wir noch einige belehrende, sogenannte Kunststücke nachfolgen lassen, welche sich auf die Lehre vom Schwerpunkte beziehen. Es lassen sich Körper verfertigen, welche, wie es scheint, gegen das Gesetz der Natur, bloß von ihrem eignen Gewichte getrieben, bergan laufen.

Der Kreis um M stelle eine auf die zum Horizonte HZ ge- F. 41.
neigte Ebene HF gelegte Kugel vor, von der man nach den Ge-

ſetzen der Schwere erwartet, daß ſie nach H hinabrollt, ſobald ſie ſich ſelbſt überlaſſen bleibt; wenn ſie ſich nun aber unter dieſer Vorausſetzung umgekehrt nach F hinaufbewegt, ſo nimmt uns das wunder, und wir ſind neugierig zu erfahren, wie das zugehe. Dazu muß man nun zunächſt bemerken, daß die Kugel nicht aus einem und demſelben Materiale beſtehe, ſondern einen Theil ABC aus recht dichter Materie, wie z. B. aus Blei, und den übrigen Theil aus viel leichterem Stoffe, wie Holz, beſitze, ſo daß jener Theil, obgleich verhältnißmäßig viel kleiner als dieſer, doch ziemlich eben ſo viel wiege als dieſer, und daher der Schwerpunkt nicht in die Mitte M der Kugel fällt, ſondern zwiſchen die Schwerpunkte O und N beider Theile, etwa in S, zu liegen kommt. Die Direktionslinie SG der Schwere kann nun, wie es in der Figur dargeſtellt iſt, recht gut nach Oben hin vor dem Stützpunkte E der Kugel liegen; dann übt die Schwerkraft in der Richtung SG auf S ein Beſtreben aus, dieſen Punkt der Erde HZ näher zu bringen, wogegen ſich aber in der Richtung ESL die Kohäſionskraft der Kugel ſträubt. Man kann alſo annehmen, daß der Punkt gleichzeitig von zwei Kräften angegriffen und zur Bewegung getrieben werde, nämlich nach SG hinabgezogen und nach SL zurückgehalten, folglich muß er (§. 76.) den hieraus hervorgehenden Diagonalweg SD einſchlagen, und die Kugel zum Hinaufwälzen nach F antreiben. Es läuft hierbei die Kugel wirklich bergan, indeß nimmt ihr Schwerpunkt bei dieſer Bewegung einen fortwährend tieferen und tieferen Standpunkt ein.

Dieſes Berganlaufen der Kugel wird, wie man leicht einſieht, nicht in jeder Lage, welche man ihr auf HF geben mag, erfolgen können, auch hat es ſelbſt im günſtigſten Falle bald ſeine Grenze erreicht. Wenn nämlich bei dem Emporrollen der Kugel das Stück ACB auf HF angekommen iſt, ſo muß auch der Augenblick eintreten, wo die Direktionslinie der Schwere gerade durch den Unterſtützungspunkt der Kugel geht, und, durch die von der Bewegung der Kugel veranlaſſte Schwungkraft, ſelbſt der Zeitpunkt, wo ſie auf die entgegengeſetzte Seite der Unterſtützung zu liegen kommt. Hierdurch wird auf einige Augenblicke ein Schwanken zwiſchen dem Hinab- und Hinaufrollen eintreten, bis zuletzt die Kugel in einer Lage ruhen bleibt, wo der Schwerpunkt genau über dem Unter-

ungspunkte gelegen ist. Daß eine solche Kugel gleich bei der
n Lage in Ruhe bleiben, oder erst etwas bergab und nachher
auf laufen könne, ist aus dem eben Gesagten leicht zu erklären.

§. 171.

Zu dieser Klasse von Versuchen gehört auch der berganlaufende
ppelkegel. Es besteht der hierzu erforderliche Apparat zuerst in
m aus dichtem Holze gedrechselten Körper GHIK, der in der F. 42.
tte HK die größte Dicke besitzt, und von hieraus zu beiden
iten ganz gleichmäßig bis zu den feinen Spitzen G, I abnimmt.
solcher Körper heißt Doppelkegel, nach einer in der höheren
ometrie vorkommenden wichtigen körperlichen Figur. Den zweiten
il des Apparats bildet eine winkelförmige Unterlage EDCFAB
zwei in CF mit einem Charniere verbundenen Brettern, wovon
oberen geraden Ränder CD, CB in D, B merklich höher liegen
in C. Wird nun der Doppelkegel unten in C auf die Unterlage
seiner dicken Mitte gerade zwischen die erste Oeffnung des
nkels DCB gelegt, so rollt er, bloß von seinem Gewichte ge-
ben, zu den höher gelegenen Punkten D, B empor. — Es sei
EF von dem in einer Vertikalebene gesehenen Apparate die Un-
age, und der Kreis um a möge dabei eine Lage des Doppel-
els vorstellen, welcher gerade in a seinen Schwerpunkt besitzt,
in dem Punkte c sich auf CD stützt. Ist nun CD nicht
steil berganlaufend — welches theils durch die ursprüngliche
igung von CD zur gegenüberliegenden horizontalgestellten Kante
, theils durch das Oeffnen des winkelartigen Gestells vermieden
den kann — so, daß die Unterstützung c nicht von der Direk-
ionslinie ae der Schwere getroffen und auch nicht vor derselben
gen ist, so ist klar, daß der Körper auf ähnliche Weise, wie
her (§. 170.) die Kugel nach Vorn hin, nach der nicht gehörig
erstützten Gegend, ein Uebergewicht bekommen und sich fortbewegen
sse. Stellt der Kreis um b eine etwas vorgerückte Lage des
els vor, so hat hier der Schwerpunkt b einen tiefern Stand,
vorhin in a, obgleich die Unterstützung d höher gelegen ist, als
hin in c. Es folgt also hieraus, daß der Körper während seiner
wegung von C nach D nicht selbst berganläuft, sondern nur
e Unterstützungspunkte, wovon man sich auch sogleich überzeugt,
n man bei der Bewegung des Körpers nur einmal auf seine

tiefſten Punkte m und n achtet; denn dieſe nähern ſich der Horizontalebene EF merklich.

§. 172.

Eine kleine, in ſehr verſchiedenen Geſtalten vorkommende Figur, welche die merkwürdige Eigenſchaft beſitzt, auf einem horizontalen Tiſche ſich immer von ſelbſt wieder in aufrechte Stellung zu bringen, wie ſehr ſie auch davon abgebogen ſein mag — iſt unter den Namen Wüppermännchen, Hanſelmännchen, Kobold u. ſ. w. als beliebtes Spielzeug der Kinder bekannt, und verdient an dieſem Platze ebenfalls einer kleinen Erwähnung.

Es beſteht ein ſolcher Apparat in einer aus Holundermark, 143. Korkholz, Pappe, Papiermaſche geformten menſchlichen Figur AB, welche unten in Form einer Halbkugel endet, worin, wie oben (§. 170.) bei der berganlaufenden Kugel, ein Theil BEC aus einem verhältnißmäßig viel ſchwereren Stoffe, z. B. Blei, beſteht, ſo daß der Schwerpunkt S des ganzen Körpers AB hauptſächlich von dieſer ſchwereren Materie abhängig iſt, und ſich innerhalb ihrer Grenzen noch unterhalb des Mittelpunktes der zugehörigen Kugel befindet. Wenn nun dem Spielzeuge auf der Horizontalebene HZ die aufrechte Stellung gegeben iſt, ſo fällt die Direktionslinie SG der Schwere mit der Unterſtützung E zuſammen, woraus das Stehenbleiben in dieſer Stellung unmittelbar folgt. Sobald aber der Figur eine von der aufrechten Stellung abweichende Lage gegeben wird, ſo trifft die Richtung SG der Schwere über die Unterſtützungsfläche E hinaus, und es iſt eine aus der hinabdrückenden Kraft des Schwerpunktes hervorgehende nothwendige Folge, daß der Körper auf der nicht unterſtützten Seite ſich niederbeuge, mithin auf der entgegengeſetzten Seite A ſich emporrichte. Die hierbei erzeugte Schwungkraft wird dann mit der Schwere in einen Kampf gerathen, woraus eine hin- und herſchaukelnde Bewegung entſteht, wie wir ſie oben (§. 153.) bei dem Pendel kennen gelernt haben.

Die Einrichtung der Wiegen und Wiegenpferde hat auch zum Zweck, eine leichte, ſchaukelnde Bewegung zu geſtatten, ohne ein Umſtürzen befürchten zu laſſen, und ihre Erklärung fällt mit der des eben erwähnten Spielzeugs zuſammen, ſobald man bedenkt, daß der Schwerpunkt eines ſolchen Körpers immer unter dem Mittel-

punkte von dem Kreise liegt, wozu die Krümmungen der Wiegenhölzer gehören.

Die falschen Würfeln, welche betrügerische Spieler bei sich führen, und heimlich für die richtigen in's Spiel bringen, haben durch eingegossenes Blei ebenfalls eine solche Einrichtung, daß der Schwerpunkt nicht in der Mitte, sondern stark abweichend auf der nicht günstigen Seite sitzt, so daß sie nach der bekannten vorhergegangenen Bewegung fast immer auf dieser schwereren Seite liegen bleiben, und ihre vortheilhaftesten Nummern nach Oben kehren.

Die Fußgestelle von Lampen und Leuchtern, die Böden von Flaschen und Gläsern sind verhältnißmäßig am dicksten und schwersten, damit hierdurch der Schwerpunkt mehr nach Unten gebracht wird, und das Feststehen der Körper um so leichter erreicht und bewahrt werden kann.

§. 173.

Durch eine zweckmäßige Verbindung zwischen den schweren und leichten Theilen eines Körpers läßt sich sein Schwerpunkt manchmal ganz versteckt unter die Unterstützungsfläche verlegen; woher es dann kommt, daß ein solcher Körper auf einer sehr kleinen Unterstützungsfläche, oft auf der feinsten Spitze scheinbar im Stehen, eigentlich aber im Hängen erhalten wird. Ein solches Bewandtniß hat es z. B. mit der sogenannten Vogelscheuche. Auf einem horizontal abgeschnittenen Baumzweige, oder einer besonders dazu eingerichteten Stange CD, steht eine ausgestopfte Eule A ganz F. 44. frei beweglich auf einer von ihrem Körper ausgehenden Spitze a ruhend, so daß sie sich bei jedem Luftzuge, ohne herabzufallen, in schwankende Bewegung versetzen kann, und dadurch den in der Nähe befindlichen befiederten Näschern zum Schrecken dient. Das Sonderbare in der Erhaltung der aufrechten Stellung und der leichten Bewegbarkeit dieser Vorrichtung findet seine Erklärung in den schweren Kugeln E und F, welche einige Zoll unter dem Ruhepunkte a gelegen sind, und durch einen starken Draht EBF mit dem Vogel in fester Verbindung stehen. Der Schwerpunkt S des ganzen Apparates befindet sich von den dreien von E, A, F ziemlich in der Mitte, aber doch so, daß er in vertikaler Richtung unter dem Stützpunkte a seinen Platz einnimmt. Seinem Bestreben, tiefer zur Erde zu gelangen, kann nicht eher ein Genüge geschehen,

F. 48. schwer, oft sogar ganz unmöglich, die Lage zu treffen, in welcher er vor dem Umfallen geschützt ist. Es kann sich aber sehr leicht gerade das Entgegengesetzte ereignen, sobald ein solcher Körper auf der Unterlage nicht ruht, sondern in rascher Bewegung begriffen ist. Hierzu gibt uns der Kreisel ein recht treffendes Beispiel. Es mag Ab einen sogenannten Brummkreisel vorstellen, der sich mit seiner Spitze b auf die feste Horizontalebene HZ stützt, und zugleich um seine Axe Ab, welche zu HZ nicht gerade senkrecht zu sein braucht, in eine sehr rasche Bewegung gesetzt ist. Angenommen, der Schwerpunkt des ganzen Körpers liege in S, so würde das hier vereinigt gedachte Gewicht, in der zu HZ senkrecht geneigten Richtung Sc, den Punkt S hinabzuziehen streben; ehe indeß diesem Bestreben Folge geleistet werden kann, ist der Körper durch die Drehung um Ab schon in andere und wieder andere Lagen gekommen, so daß dasselbe Bestreben schon auf der entgegengesetzten Seite der Axe, in der von Sc mitgebrachten Richtung Sd, eben so stark zum Aufrichten des Körpers beiträgt, als es kurz zuvor in Sc zum Umstürzen desselben wirksam sein wollte. Hiernach muß man sich also denken, daß bei rascher Drehung um Ab der Schwerpunkt S ein Bestreben bekommt, nach allen mit Sc gleichweit von Sb abliegenden Richtungen gleichzeitig zu fallen, wodurch gar kein Fallen möglich ist. Das merkwürdige Brummen eines solchen Kreisels entsteht durch das Ein- und Ausströmen der Luft, bei seinem hohlen, durch Auspichen luftdicht gemachten Raume, und zwar auf ähnliche Weise, wie man es bei leeren Flaschen, hohlen Schlüsselröhren und anderen Körpern wahrnehmen kann, sobald stoßweise so hinein geblasen wird, daß an der Mündung zugleich noch Platz für den Abzug der Luft übrig bleibt. Bei dem ersten Ruck, zur Erzeugung der drehenden Bewegung, wird nämlich der innere Raum des Kreisels von der eingeschlossenen, nicht so plötzlich zur Bewegung anzutreibenden Luft ziemlich ganz befreit; wenn nun hierauf der Körper wieder zu einem mehr ruhigen Umherkreisen gelangt ist, so hat auch die ihn umgebende Luft wieder etwas Gelegenheit, in den hohlen Raum des Körpers einzudringen, und da dies nur auf einem sehr beengten und von Stößen behinderten Wege möglich ist, so erklärt sich daraus leicht eine Erschütterung

jene Weise zusammengesetzten Körpern der Schwerpunkt auch über die Unterstützungsfläche verlegen, und so ein Aufrechtstehen der Körper bewirken, wo man es dem ersten Augenblick nach für unmöglich halten könnte. Ein Schlüssel B, welcher nur mit seinem Barte ab auf der Kante einer Tischplatte A ruht, übrigens aber ganz frei in der Luft schwebt, kann mit Hülfe einer durch seinen Ring gesteckten Elle CD vor dem Hinabfallen bewahrt werden. Wenn man den Schlüssel B und die Elle CD, wie es in der Figur angedeutet ist, mit einander in Verbindung bringt, so fällt der Schwerpunkt des ganzen Apparats etwa in S, so daß die Direktionslinie Sg der Schwere ziemlich durch die Mitte des Schlüsselbartes ab geht, und also hier die ganze Vorrichtung ihre Unterstützung antrifft. Die einzige Bewegung, welche von dem zusammengesetzten Körper möglich ist, besteht in einer Drehung um die Kanten a, b der Unterstützungsfläche; dadurch würde indeß der Schwerpunkt S gezwungen sein, sich in Kreisbögen Sm, Sn zu bewegen, die von der ersten Lage S ab, anfangs zu höher gelegenen Punkten empor führten, welches ganz gegen die Haupteigenschaft des Schwerpunktes ist, immer nur tiefer zur Erde hinab zu kommen. Hat man daher durch allmähliges Herausprobiren dem Apparate eine solche Lage gegeben, daß der Schwerpunkt S genau über die Unterstützungsfläche ab zu liegen kommt, so kann er sich selbst überlassen bleiben, ohne zu fallen.

Hierauf beruht auch die Einrichtung der mit Recht als Kunstwerk des Baufaches angesehenen Treppen, welche gerade dadurch so merkwürdig erscheinen, daß sie, auf einer verhältnißmäßig kleinen Unterstützungsfläche ruhend, dennoch einen sehr festen Stand bewahren können, obgleich sie in weiten, von der Stützfläche abweichenden Windungen ganz ohne Stützpfeiler oder Anlehnungspunkte oft zu bedeutenden Höhen emporführen.

Ferner möchte vielleicht ein berühmtes Kunststück der indianischen Gaukler, welches unter dem Namen »der Brahmine in der Luft« bekannt geworden ist, in den hier aufgestellten Gründen seine Erklärung finden.

§. 176.

Wird ein ruhiger Körper auf eine Unterstützungsfläche von geringer Ausdehnung, auf eine sogenannte Spitze gestellt, so ist es

vertikalen Lage AB abweichende, BC, anzunehmen, ſo fühlt dieſe Veränderung zum Theil der unterſtützende Finger durch die Erleichterung der drückenden Laſt, zum Theil ſieht es aber auch das fortwährend die obere Spitze A beobachtende Auge, und es kann dem gänzlichen Umfallen ſchnell dadurch entgegengearbeitet werden, daß der Finger B mit der darauf ruhenden Degenſpitze ſchneller und weiter, als der Schwerpunkt, ſich mit dieſem nach derſelben Gegend hinbewegt. Angenommen, es ſei der Finger auf dieſe Weiſe von B bis E fortbewegt, und der Degen dadurch in die Lage DE gebracht, ſo daß die Richtung Sg, nach welcher der Schwerpunkt S zur Erde treibt, gerade in der Mitte zwiſchen BC und DE zu liegen kommt, dann iſt das erſte Fallen des Degens aufgehoben, weil in dieſem Augenblicke der Schwerpunkt S eben ſo ſtark zum Zurück als Vorwärtsbewegen angetrieben wird. Zuweilen iſt das Vor- und Zurückziehen des Fingers auch ganz paſſend noch mit einem Senken oder Heben des balancirenden Körpers in Verbindung zu bringen, weil dadurch gleich der ganzen im Schwerpunkte thätige Kraft eine von dem eingeſchlagenen Wege ablenkende, neue Richtung angewieſen wird, welche wenigſtens Zeit gewinnen läſſt zu der beabſichtigten ſicheren Unterſtützung. Ueberhaupt muß man hierbei bemerken, daß das Balanciren mit in das Gebiet der auf körperlicher Gewandtheit beruhenden Künſte gehört, wo immer erſt eine vielſeitige, auf Erfahrung geſtützte Uebung den Meiſter macht. Es geht übrigens aus dieſem Beiſpiele hinreichend hervor, je länger BS, oder je weiter der Schwerpunkt von dem Unterſtützungspunkte entfernt iſt, um ſo weniger gekrümmt iſt der Kreisbogen SG, SH . . ., um ſo langſamer kann S in tiefere und tiefere Lagen hinabkommen, und um ſo leichter läſſt ſich die Unterſtützung B an einen mehr genügenden Platz bringen. Ferner folgt noch hieraus, daß ein Körper, deſſen Schwerpunkt nicht gerade in ſeine Mitte fällt, leichter an dem vom Schwerpunkte entfernteren Ende, als an dem anderen zu balanciren iſt. Es wird alſo der eben beſprochene Degen leichter an der Spitze, als am Knopfe des Heftes zu balanciren ſein.

Verbindet man mit dem eben Geſagten die frühere Betrachtung über das Stehen und Gehen des Menſchen, ſo gehört auch die Fertigkeit, auf Stelzen zu gehen, mit hierher, und man ſieht leicht, daß auf niedrigen Stelzen ſchwerer zu gehen iſt, als auf

hohen, daher auch die Erfahrung gerechtfertigt wird, daß man auf hohen Stelzen leicht und sicher gehen kann, wenn man es auf niedrigen nur einigermaßen zu einer Fertigkeit gebracht hat.

In der Kunst, zu balanciren, haben es manche Leute außerordentlich weit gebracht. Einige wissen die kleinsten Gegenstände, wie z. B. Nadeln, noch auf den Fingerspitzen im Gleichgewichte zu erhalten; Andere führen diese Kunst mit irdenen Pfeifen, Papierdüten, Pagliassomützen sogar auf der Nasenspitze aus, und noch Andere setzen schwere Stangen, Stühle, Tische und sogar Balken mit der einen Spitze auf die Zähne, wobei sie dann, außer ihrer Geschicklichkeit im Balanciren, auch zugleich noch ihre athletischen Kräfte zu zeigen Gelegenheit haben. Das zu dieser letzten Art zu zählende Balanciren einer Leiter, deren oberes Ende noch mit einem anderen schweren Gegenstande, sogar mit einem Menschen, beschwert worden ist, sieht bei weitem schwerer aus, als es in der That ist; es gehört meistens nur Kraft und Kühnheit dazu, ein solches Wachstück auszuführen.

§. 178.

Zu dieser Art von physikalischen Belustigungen sind auch noch die chinesischen Purzelmännchen, oder Treppenläufer, zu zählen, F.50
welche ihre Kunststückchen auf einer treppenförmigen Vorrichtung AB, oder auch wohl auf einer einfachen, schiefen Ebene produciren. Zwei Männchen, C, D sind vermittelst einer Glasröhre so verbunden, daß sie sich um diese Röhre leicht bewegen lassen, und fortwährend den vertikalen Stand wieder einnehmen können, wenn sie auf irgend eine Weise darin gestört worden sind, und sich dann wieder selbst überlassen bleiben. In der Glasröhre ist Quecksilber, welches durch ein starkes Gewicht und seine leichte Bewegbarkeit bewirkt, daß jedesmal das untere Männchen das obere über sich hinweghebt, und es auf eine tiefere Stuffe der Treppe hinabstellt, damit dieses, als unteres Männchen, dieselbe Bewegung mit dem anderen wieder vornehmen kann. Zuweilen sieht man diese Kunststücke auch von einer einzigen Figur E ausgeführt, wobei dann Arme und Beine an den Platz der beiden Männchen C, D treten, und die Glasröhre unter einem passenden Gewande den Leib einer solchen Figur ausmacht. — Der Grund von dieser Erscheinung läßt sich auf folgende F.51
Weise deutlich machen. Die Glasröhre sei ab (F. 51.) und in

c und d die beweglichen Unterlagen. Iſt ab in wagerechter Lage, ſo befindet ſich der Schwerpunkt in der Mitte zwiſchen a, b, etwa in f; dieſer hat das Beſtreben, in eine tiefere Lage zu gelangen, welches die um c drehbare Röhre ab geſtattet. Bei dem Sinken des Punktes b läuft auch das Queckſilber nach b hinab und trägt ſo, weil es den Schwerpunkt mit nach b nimmt, zu einer raſchen Bewegung der Röhre ab um c bei. Hat dieſe Röhre die Lage a′cd′b′ erreicht, ſo übernimmt d in der tiefen Stellung d′ das Geſchäft der Unterſtützung, und da ſich das Queckſilber in dem unteren Theile d′b′ der Röhre angeſammelt hat, ſo liegt auch der Schwerpunkt des ganzen Apparates in d′b′, der mit Hülfe ſeiner eigenen hinabtreibenden Kraft und der ſchon mitgebrachten Schwungkraft die Röhre a′b′ um d′ auf's Neue in drehende Bewegung verſetzt, bis ſie wieder zu der anfänglichen horizontalen Lage b″ a″ gelangt iſt, wo dann der eben beſchriebenen Act abermals wiederholt wird.

Von dem Falle ſchwerer Körper.

§. 179.

Die vorhergehenden Unterſuchungen über Gewicht und Schwerpunkt haben uns die Eigenſchaft der Schwere noch nicht vollſtändig darſtellen können, weil ſie ſich noch wenig oder gar nicht auf die von der Schwerkraft veranlaſſte Bewegung ſelbſt, ſondern immer nur auf die Möglichkeit, dieſer Bewegung entgegen zu arbeiten, ſie zu vernichten, oder auf den Druck bezogen haben, welcher bei der Verhinderung dieſer Bewegung in dem Hinderniſſe wahrgenommen wird. Das Fehlende wollen wir jetzt noch zu ergänzen ſuchen.

Wenn ein Körper oder eine begrenzte Materie den Einwirkungen der Kraft der Schwere *ganz* oder nur *zum Theil* ohne Hinderniſſe Folge leiſten kann, ſo geräth er in Bewegung, welche wir entweder den *freien* Fall, oder den *Fall auf vorgeſchriebenen Wegen* nennen. Eine an einem dünnen Faden aufgehängte, ganz frei in der Luft ſchwebende ruhende Kugel wird in die Bewegung des freien Falls übergehen, ſobald der Faden ganz ohne Ruck, oder jede andere nicht vom Gewichte des Körpers ſelbſt erzeugte Veranlaſſung zur Bewegung, durchſchnitten oder durchbrannt

b. Die vom Berge hinabrollende Kugel, das Waſſer eines je-
Fluſſes, das Pendel einer Uhr, die abgeſchoſſene Kugel ſind
:per und Materien, bei denen man das Fallen auf vorgeſchrie-
en Wegen wahrnehmen kann.

§. 180.

Um nun die Geſetze des freien Falles näher kennen zu lernen,
wollen wir zunächſt unſere Aufmerkſamkeit auf den Weg, welchen
auf dieſe Weiſe bewegter Körper einzuſchlagen gezwungen iſt,
lenken, und ſpäter dann die übrigen Eigenthümlichkeiten dieſer
:wegung weiter verfolgen. Die Erfahrung lehrt uns, daß die
ıhn eines freifallenden Körpers, worunter man die Linie verſteht,
lche während der Bewegung vom Schwerpunkte beſchrieben wird,
adelinicht iſt und lothrecht zur Oberfläche eines ſtillſtehenden Waſ-
s ſteht. Nun ſtellt aber ein ſolcher Waſſerſpiegel am genaueſten
en Theil von der Oberfläche unſerer Erde dar, von der wir
ſen, daß ſie eine Kugel iſt; daher ſagt man auch, daß die
ıhn eines freifallenden Körpers ſich immer ſenkrecht zur Oberfläche
erer Erde neige. Weil aber alle verlängerten Radien auch ſenk-
ıt zur Oberfläche der zugehörigen Kugel ſtehen, ſo fallen die
hnen für freifallende ſchwere Körper mit den Richtungen der
ıhalbmeſſer zuſammen, und müſſen daher, wie dieſe, ſich alle im
ttelpunkte der Erde durchſchneiden.

§. 181.

Obgleich wir nun von dem erſten Erfahrungsſatze (§. 180.)
r freifallende Körper gefolgert haben, daß die dabei vorkommen-
Wege ſich nicht parallel ſein können, ſo will ſich doch umge-
rt dieſe Folgerung nicht in der Wirklichkeit beſtätigen laſſen.
e genaueſten Meſſungen ergeben nämlich, daß dieſe Bahnen nicht
geringſten von der Parallelität abweichen. Hiernach könnte man
n leicht verleitet werden, jenen Erfahrungsſatz als unrichtig wieder
zugeben, weil er mit einer anderen Erfahrung geradezu im Wi-
ſpruch zu ſtehen ſcheint. Es gibt aber noch Gründe, welche uns
von zurückhalten; es läſſt ſich nämlich nachweiſen, warum wir
: nicht darauf rechnen dürfen, bei ſolchen Bahnen, deren Aus-
ſſung uns möglich iſt, ein Abweichen von der Parallelität wahr-
ımen zu können. Setzen wir den Fall, daß uns zu einem ſolchen
rſuche zwei 100 Fuß weit von einander entfernt liegende Fallhöhen

von 1000 F. zu Gebote ſtänden; eine Annahme, welche im Gebiete der Möglichkeit vielleicht ſchon die äußerſte Grenze beſtimmt. Die Länge des Erdhalbmeſſers iſt 860 Meilen, oder 20 000 000 Fuß, wenn die geogr. Meile zu 23 bis 24 000 F. in Anſchlag gebracht wird; folglich ſind die oberen Punkte, in denen der in Rede ſtehende Fallen beginnt, 2000 1000 F., und die beiden anderen, wo die Körper aufhören zu fallen, 20 000 000 F. vom Mittelpunkte der Erde entfernt. Bei zwei ſich ſchneidenden Linien nimmt nun die Entfernung je zweier vom gemeinſchaftlichen Durchſchnitte gleichweit abliegenden Punkte auf ihnen in eben dem Verhältniſſe ab, in welchem dieſe Punkte jenem Durchſchnitte näher gelegen ſind. Hiernach würden ſich 2000 1000 F. zu 20 000 000 F. verhalten, wie die Entfernung der beiden Fallhöhen, d. i. 100 F., zu der Entfernung der beiden Endpunkte des Falles. Daraus berechnet man auf dem gewöhnlichen Wege der Regeldetrie für die letztgenannte Entfernung den Werth von 99 F. 9 Zoll $9\frac{10001}{20001}$ Linien Decimalmaß; eine Länge, welche kaum um $\frac{1}{2}$ Linie von 100 F. abweicht. Wenn man nun bedenkt, wie verſchwindend klein $\frac{1}{2}$ Linie im Vergleich zu 100 Fuß iſt, und daß es mit den allerſchärfſten Inſtrumenten, und unter Vorausſetzung aller nur erdenklichen Vorſicht kaum möglich iſt, eine Länge von 100 F. bis auf $\frac{1}{2}$ Linie genau zu meſſen, ſo wird man ſich gar nicht mehr wundern, daß die Bahn freifallender Körper, ſo weit ſie von uns einer Meſſung unterworfen werden können, vollkommen parallel gefunden werden.

§. 182.

Man muß aber ja nicht überſehen, daß die Annahme von der Parallelität der Bahnen freifallender Körper nur unter der Vorausſetzung kleiner Entfernungen, ohne merklichen Fehler wahr ſei, und daß bei Betrachtungen dieſer Art, wo größere, vielleicht meilenweite Abſtände vorauszuſetzen ſind, immer wieder der Hauptgrundſatz, wonach ſich alle dieſe Bahnen im Mittelpunkte der Erde durchſchneiden, in Anwendung zu bringen iſt. Die Gründe, welche zu einer ſolchen Warnung berechtigen, können wir am beſten in einer von jener Annahme abzuleitenden ungereimten Folgerung erkennen, wonach es unmöglich wäre, daß unſere Erde überall an ihrer Oberfläche bewohnbar ſei.

Der um E beſchriebene Kreis ſtelle das Bild unſerer Erde F 52.
r. Oben in a ſtehe ein Menſch ab aufrecht, wobei ab zugleich
e Richtung der Schwere und die der Stellung des Menſchen aus-
ückt. Hier iſt nun kein Grund vorhanden, warum das Feſt-
hen einer ſolchen Perſon in Zweifel zu ziehen wäre. Denken
ir uns ihn aber weiter unten in c, ſo hätte er hier in der
n a mitgebrachten Richtung cd ſich ſchon in Acht zu nehmen,
it ſeinen Füßen nicht abzugleiten, oder in's Laufen zu kommen,
eil er ſonſt rettungslos in das bodenloſe Weltall hinabſtürzen würde.
ach dieſer Anſicht ſtände ein ſolches Schickſal dem Menſchen un-
hlbar bevor, der in ſeiner Wanderung von dem höchſten Gipfel
bis zu dem Rande e der oberen Hälfte kae unſerer Erdober-
äche gelangt wäre, wo er in der von a und c mitgebrachten Lage
ſich nicht mehr vor dem Abgleiten ſeiner Füße ſchützen könnte.
ar es nun in e ſchon nicht mehr möglich, auf feſten Füßen zu
hen, ſo wird es für die noch tiefer als e gelegenen Punkte, und
erhaupt für die ganze untere Hälfte egk unſerer Erdkugel noch
el weniger möglich ſein. Folglich iſt unſere Erde nicht in allen
unkten ihrer Oberfläche zu bewohnen. — Der Hauptfehler in
m hier aufgeſtellten ſonderbaren Beweiſe liegt offenbar darin, daß
e Richtungen der Schwere, und die Lagen eines aufrecht ſtehen-
n Menſchen in a, c, e nicht, wie es ſein ſollte, fortwährend
m Mittelpunkte E der Erde zugewandt, ſondern alle zu ein-
der parallel angenommen worden ſind. So gut wie in a die
ichtung ab verlängert den Mittelpunkt E trifft, eben ſo müſſen
c und e die Richtungen der Schwere nicht wie cd, ef zu ab
rallel gelegen, ſondern wie cd′, ef′ angenommen werden, ſo daß
immer, an welchem Punkte der Oberfläche unſerer Erde ſie auch
wählt ſein mögen, gehörig verlängert den Mittelpunkt E treffen. —
en ſo ſind auch die Begriffe von Oben und Unten bei jenem
weiſe unrichtig aufgefaſſt und in Anwendung gebracht. Wir
nen nämlich bei allen ſchweren Körpern und begrenzten Materien
e in der Richtung der Schwere zum Mittelpunkte
r Erde hingewandte Gegend »Unten«, und die in
eſer Richtung vom Mittelpunkte der Erde abge-
ndte Gegend »Oben«. Da, wo der aufrechtſtehende Menſch

seine Füße hat, ist für ihn **Unten** und da, wo er den Kopf hat, **Oben**. Ein Berg, als ein für sich bestehender Körper, hat sein Oben an der entferntesten Spitze vom Mittelpunkte der Erde, und sein Unten in den nächsten Punkten am Mittelpunkte der Erde, so daß beides mit Gipfel und Fuß ganz gleichbedeutend ist. Und wenden wir dieses auf die ganze Erde an, so liegt jeder Punkt ihrer Oberfläche **oben**, und man kann nur vom Mittelpunkte der Erde — und überhaupt von dem Innern der Erde, welches dem Mittelpunkte näher liegt als die Oberfläche — sagen, daß es unten gelegen sei. Wenn daher angenommen wurde, daß in a das Oben der Erde sei, so hat dies seine Richtigkeit; indeß darf dann von c und e nicht behauptet werden, daß diese Punkte nicht auch oben, sondern weiter nach Unten gelegen wären, da dieselbe sich eben so gut wie a an der Oberfläche der Erde befinden, und mithin auch denselben Anspruch auf Oben haben. Der in c aufrecht stehende Mensch hat in der Richtung cd' der Schwere sein Oben und Unten nach d' und nach c hin, so wie sein Antipode in g in der Richtung hg der Schwere nach g und h hin sein Unten und Oben hat.

§. 183.

Mit der eben berichtigten falschen Ansicht, daß die Erde nicht überall an ihrer Oberfläche bewohnt sein könnte, verbindet man zuweilen auch noch eine höchst unrichtige Vorstellung von den Gegenfüßlern, deren Existenz geradezu geläugnet wird, und zwar aus folgenden Gründen. Denkt man sich, mitten durch die Erde sei ein Loch **aEm** geführt, und es stiege Jemand von a aus immer tiefer und tiefer in diesem Schacht hinunter, bis er zuletzt an dem entgegengesetzten Punkte m wieder zum Vorschein käme, so würde er hier — wenn auch die Erde genug Anziehungskraft besäße, ihn nicht hinabfallen zu lassen — mit seinen Füßen zuerst herauskommen, und also verkehrt mit dem Kopfe auf der Oberfläche der Erde stehen, woraus folgte, daß die Bewohner auf der entgegengesetzten Seite unserer Erde keine Gegenfüßler sein könnten, weil sie Kopf und Fuß mit uns in ganz gleicher Richtung gelegen hätten. — Die Unrichtigkeit dieser Ansicht beruht wieder in der falsch aufgefaßten Wirksamkeit der Schwere. Der von a aus sich durch den Schacht **aEm** hindurch bewegende Mensch wird bis **E** in der dem Mittelpunkte der Erde zugekehrten Richtung bleiben, und daher nach Unten hin-

absteigen. Bewegt er sich hierauf über E hinaus, so entfernt er sich vom Mittelpunkte der Erde, er steigt daher nicht mehr nach Unten, sondern nach Oben; hierzu muß er eine umgekehrte Lage annehmen, weil die Richtung der Wirkung der Schwere — nach welcher die Füße gekehrt zu haben, die ganze Einrichtung unseres Körpers verlangt — sich umgekehrt hat. Es werden daher die Erdbewohner in a und m beide ihre Füße unten haben, und damit auf der Oberfläche der Erde stehen. Sie haben also die Füße einander nur zugekehrt. Ein wirkliches Zusammentreffen mit den Füßen ist auf natürlichem Wege nur dann denkbar, wenn ein Paar solcher Antipoden aus a und m gleichzeitig bis zum Mittelpunkte der Erde hinabstiegen und hier zusammenträfen, weil sie dann beide die Füße unten in E hätten.

§. 184.

Die beim freien Falle der Körper vorkommende Bahn ist mit dem eben Gesagten hinreichend erklärt, und wir wenden unsere Aufmerksamkeit jetzt auf die anderen Gesetze dieser Bewegung. Das erste hiervon ist:

An jedem Orte der Oberfläche unserer Erde besitzen die frei durch denselben Raum fallenden Körper, mögen sie in Hinsicht ihrer Größe und ihres Gewichtes auch noch so verschieden sein, immer einerlei Geschwindigkeit.

*Galileo Galilei**), dessen Verdienste um die ganze Naturwissenschaft so außerordentlich groß sind, daß man in ihm den Vater der jetzigen Physik verehrt, stellte diesen Fundamentalsatz schon in seinem 19. Jahre auf, und begründete dadurch eine neue Theorie über die Bewegung schwerer Körper. Er trat so der schon mehr als zwei tausend Jahre für richtig gehaltenen Ansicht des *Aristoteles, daß die Geschwindigkeit frei fallender Körper mit den Gewichten der letzteren in gleichem Verhältniß stehe*, geradezu entgegen. Man nahm ihn als *Lehrer* an der Universität zu Pisa, seiner Vaterstadt auf, hier gerieth er einige Jahre später mit seinen Collegen gerade über den aufgestellten Satz in einen heftigen Streit, der für seine kaum begründete Stellung von so

*) Er lebte von 1564 bis 1642.

unangenehmen Folgen war, daß er sich genöthigt sah, Pisa zu verlassen und nach Padua zu gehen; denn aus dem wissenschaftlichen Kampfe, in welchem er sich fortwährend als Sieger zu behaupten wußte, wurde gar bald ein persönlicher Haß und eine geheime Verfolgung. — Bedenkt man, was für eine auffallende Verschiedenheit der Geschwindigkeit zwischen einer Schere und einer Flock Baumwolle ist, wenn beide Körper gleichzeitig von einem Tische fallen, — oder zwischen einer Frucht und einem losen Blatte, wenn beide gleichzeitig durch einerlei Höhe von demselben Baume fallen, so kommt man in Versuchung, sich gegen Galilei's Behauptung zu erklären, und der aristotelischen Ansicht mehr Aufmerksamkeit und Glauben zu schenken. Wir wollen indeß auch noch die Gründe kennen lernen, welche sich für die andere Hypothese anführen lassen, ehe wir uns bestimmt für die eine oder die andere Ansicht erklären. Denken wir uns 10 aus Blei geformte Würfel von derselben Größe und demselben Gewichte gleichzeitig von derselben Höhe frei herabfallen, so ist kein Grund vorhanden, warum alle diese Würfel nicht auch gleichzeitig den horizontalen Boden der Erde erreichen sollten. Selbst die größere Nähe und Ferne, in der diese Körper einzeln neben einander hinabfallen, kann in ihrer Bewegung keinen Unterschied hervorbringen. Wären daher bei dem Fallen 9 der Würfel einander so nahe, daß sie sich berührten, und gleichsam nur einen einzigen Körper ausmachten, während der 10te etwas entfernt für sich allein fiele, so würden jene in ihrer Vereinigung nicht geschwinder und nicht langsamer zu Boden kommen, als dieser einzelne. Hier hätten wir also schon ein Beispiel, daß ein 9 mal schwererer Körper nicht 9 mal geschwinder, sondern eben so geschwinde durch denselben Raum falle, als der Körper vom einfachen Gewichte. Wir würden es lächerlich finden, von zwei Menschen zu behaupten, daß sie noch einmal so geschwinde von einem Tische auf den Fußboden hinab springen könnten, wenn sie sich angefaßt hätten, als wenn sie einzeln hinabsprängen. Dieselbe Ungereimtheit läge auch darin, von einem Doppellouisd'or zu erwarten, daß er noch einmal so schnell von einem Tische auf den Fußboden falle, als der halb so schwere, und körperlich halb so große einfache Louisd'or, unter übrigens gleichen Umständen. — Wir dürfen ohne Weiteres den durch die Erfahrung hinreichend bestätigten Grundsatz als richtig annehmen, daß

ine 2, 3, 4 mal ſo große Kraft erforderlich iſt, um einen nach
iner Maſſe beurtheilten 2, 3, 4 mal ſo großen Körper in eben
er Zeit durch einen beſtimmten Raum zu bewegen, als unter den-
elben Umſtänden die einfache Kraft den einfachen Körper zu bewegen
m Stande iſt. Wenn z. B. zwei ganz gleichwirkende Lokomo-
iven einzeln auf einer Eiſenbahn einen Zug von 12 gleich ſchwer
elaſteten ganz gleichen Wagen in 10 Minuten eine Meile weit
ortbewegen können, ſo werden beide Lokomotiven vereinigt einen
ug von 24 jener noch auf dieſelbe Weiſe belaſteten Wagen auch
ur in 10 Minuten eine Meile weit fortſchaffen können. Das
Gewicht eines ruhenden Körpers iſt die Kraft, mit der er anfängt
u fallen, ſobald dem Beſtreben im Körper, dem Mittelpunkte
er Erde näher zu kommen, kein Hinderniß entgegenſteht, ſo wie
ie Schwere die Kraft iſt, womit jeder einzelne materielle Punkt
nfängt, ſich dem Mittelpunkte der Erde zu nähern, ſobald
eſer Bewegung kein Hinderniß entgegentritt. Beſitzt daher ein
örper ein doppelt ſo großes Gewicht, als ein anderer, ſo ſchreiben
ir ihm auch doppelt ſo viel Materie zu, und wir müſſen bei ihm
us eben dem Grunde auch eine doppelt ſo große zum Fallen trei-
ende Kraft annehmen, und wir würden mit dem vorhin als richtig
kannten Grundſatze in Widerſpruch kommen, wenn wir ihm eine
ndere Geſchwindigkeit beilegen wollten, als der Körper vom ein-
ichen Gewichte annehmen kann. Um dieſe Gründe durch unmit-
elbare Verſuche zu beſtätigen, ſo ließ Galilei, vor vielen Augen-
eugen und im Beiſein ſeiner gelehrten Widerſacher der Univerſität,
ugeln von Gold, Blei, Kupfer, Porphyr und Wachs
leichzeitig von dem Thurme der Domkirche zu Piſa, durch einen
öhenraum von 50 und auch von 100 Ellen, fallen, und es zeigte
ich kein wahrnehmbarer Unterſchied in der Geſchwindigkeit. Die
0 mal ſchwerere Bleikugel fiel z. B. ganz in demſelben Augen-
licke mit der gleichzeitig von derſelben Höhe herabfallenden Wachs-
ugel zu Boden. Er hing ferner an gleichlangen biegſamen Fäden
on derſelben Art zwei der Größe und dem Gewichte nach merklich
erſchiedene Kugeln frei auf, und brachte beide in kleine, der Bogen-
änge nach, gleiche Schwingungen; ſo zeigte ſich die Dauer der
Schwingungen ganz gleich, obgleich nach dem ariſtoteliſchen Grund-

ſatze und den darauf bezogenen mathematiſchen Gründen, die ſchwerere Kugel in eben dem Maße geſchwinder ſchwingen ſollte, in welchem ihr Gewicht größer iſt, als das der anderen. —

§. 185.

Spätere Verſuche, welche bei bedeutenderen Höhen mit Kugeln von verſchiedenem Material angeſtellt wurden, haben allerdings zu einer kleinen Verſchiedenheit in der Geſchwindigkeit geführt, indeß war ſie beiweitem nicht ſo groß, wie ſie nach dem Grundſatze der Alten ſein ſollte. So verfertigte Ricciolius 1645 zu Bononien Thonkugeln von derſelben Größe, wovon aber einige im Inneren aus zuſammengepreſſtem Papier beſtanden, und ſo eingerichtet waren, daß ſie nur 10 Unzen wogen, während die anderen aus Thon geformten Kugeln 20 Unzen ſchwer waren. Er ließ nun gleichzeitig von jeden eine aus einer Höhe von 280 Fuß herabfallen, und es zeigte ſich bei den ohne Fehler ausgefallenen Verſuchen, daß die ſchwerere Kugel den Boden ſchon erreicht hatte, als die leichtere noch 15 Fuß davon entfernt war. Zu London in der St. Paulskirche ließ Deſaguliers 1719, im Beiſein von Newton und Halley, Glaskugeln von $5\frac{1}{2}$ Zoll Durchmeſſer, — wovon die eine Art, mit Queckſilber gefüllt, 2610, und die andere ganz ohne Füllung $137\frac{1}{2}$ Gran an Gewicht betrug — gleichzeitig aus einer Höhe von 272 Fuß hinabfallen, und es ergab ſich, daß die ſchwerere in $6\frac{1}{2}$ Sek. zu Boden kam, die leichtere aber faſt 19 Sek. dazu verbrauchte. Die Gewichte dieſer Kugeln verhielten ſich alſo beinahe wie 19 zu 1, während die Geſchwindigkeiten (§. 65.) in dem Verhältniß von 3 zu 1 ſtanden.

§. 186.

In dieſer Art wurden in der gelehrten Welt noch viele andere Verſuche angeſtellt, welche zuletzt alle zu dem Reſultate führten, daß die Geſchwindigkeiten freifallender Körper nicht mit den entſprechenden Gewichten in gleichem Verhältniſſe ſtänden, aber auch nicht einander gleichgeſetzt werden könnten. Man war ſchon im Begriff, das von Galilei aufgeſtellte Geſetz wieder umzuſtoßen, und anzunehmen, daß verſchiedene Materien auch auf verſchiedene Weiſe vom Mittelpunkte der Erde angezogen würden, da erfand Otto von Guerike ſeine Luftpumpe, und gab hierdurch das bisher noch immer gefehlte Mittel an die Hand, Galilei's Anſicht als

die einzig wahre, mit Hülfe von Versuchen, zu bestätigen. Schon Galilei und einige seiner Schüler und Anhänger vermutheten, daß die Abweichung von der gleichen Geschwindigkeit gleichhoch herabfallender Körper in dem Luftzuge oder Winde zu suchen sei, welcher eine solche Bewegung beständig zu begleiten pflege, und der von dichter Materie immer leichter überwunden würde als von lockerer; woher es auch komme, daß Regentropfen schneller zu Boden fielen als Schneeflocken. Später überzeugte man sich durch Torricelliani's Nachforschungen auch noch davon, daß die Luft selbst eine wägbare Materie sei, und dieser berühmte Schüler Galilei's folgte daraus, daß die in der Luft fallenden Körper auf ähnliche Weise einen Gewichtsverlust erleiden müssten, wie man es bei den im Wasser fallenden Körpern schon lange wahrgenommen hatte. Er war überzeugt, sobald man die Fallversuche im luftleeren Raume vornehmen könnte, daß dann auch die von Galilei behauptete Gleichheit der Geschwindigkeit aller Materien auf jeden Fall wahrgenommen werden müsste. Es war ihm im Kleinen sogar schon möglich geworden, luftleere Räume — wie sie oben über dem von ihm erfundenen Barometer vorkommen — herzustellen, und es ist wahrscheinlich, daß er zuletzt noch einen Apparat erfunden haben würde, der es möglich gemacht hätte, mit leichter Mühe größere leere Räume zu erzeugen, und darin Körper fallen zu lassen, wenn er nicht so jung gestorben wäre. Er starb schon im 39sten Jahre seines Lebens, und überlebte seinen 78 Jahre alt gewordenen Lehrer nur um 5 Jahre. — Nach der Erfindung der Luftpumpe war es nicht mehr schwer, den gewünschten Apparat zu Fallversuchen einzurichten. Es ist dieses auch auf gar mancherlei Weise ausgeführt worden; wir wollen hier die jetzt am zweckmäßigsten befundene Einrichtung etwas näher kennen lernen.

§. 187.

Es gehört zu einem solchen Apparate ein hohler Glascylinder AB, von etwa 2 bis 3 Fuß Höhe und $\frac{1}{2}$ F. Weite, dessen F. 53
oberer und unterer Rand möglichst eben geschliffen ist, damit er mit dem einen Rande luftdicht auf den Teller einer Luftpumpe passt, und der andere Rand mit einer ebenen Metallplatte eines besonderen Aufsatzes aCdD ebenfalls luftdicht verschlossen werden kann. Durch die Mitte b der Platte CD geht von einer —

gewöhnlich aus zuſammengepreſſten, in Talg getränkten Juſtenlederſcheiben bereiteten — ſogenannten Stopfbüchſe luftdicht umgeben, und darin drehbar eine Metallſtange abc hindurch, welche oben in a einen Handgriff zum Drehen beſitzt, und unten in eine horizontale Metallſcheibe d ausläuft. In der Nähe von d ſind zwei oder auch wohl mehr Klappen e, f ſo an CD befeſtigt, daß ſie noch ganz bequem mit in AB hineinpaſſen. Der um ein horizontales Gewinde leicht bewegliche untere Theil dieſer Klappen wird mit Hülfe eines Einſchnitts in d und einer entſprechenden Drehung an a in eine horizontale Lage gebracht, wozu die dicht darunter paſſende Scheibe d die erforderliche Unterlage abgibt.

Soll nun ein ſolcher Apparat zu den vorhin erwähnten Zwecken gebraucht werden, ſo wählt man Körper, welche in Hinſicht ihrer Dichtigkeit recht merklich von einander abweichen, wie dies z. B. bei einer Gold- oder Silbermünze und einer Flaumfeder oder einem Papierſtückchen der Fall iſt, und wovon Jedermann aus Erfahrung die auffallende Verſchiedenheit ihrer Geſchwindigkeit bei dem Falle in freier Luft kennt. Man bringt nun je zwei von dieſen verſchiedenen Körpern auf eine der horizontal gerichteten Klappen des Aufſatzes aCdD, und deckt dieſen luftdicht auf den Cylinder AB, welcher ſelbſt ſchon eben ſo auf den Teller E der Luftpumpe geſtellt worden iſt. Hierauf pumpt man aus AB ſo viel als möglich alle Luft heraus, dreht a recht behutſam, bis der Einſchnitt in d gerade unter eine der Klappen zu ſtehen kommt, dann fallen mit dem Niederkippen der Klappe die beiden darauf gelegten Körper — z. B. Goldſtück und Flaumfeder — gleichzeitig von derſelben Höhe, und man ſieht ſie während des Falles immer bei einander bleiben, und ganz in demſelben Augenblicke den Boden E erreichen.

Mat hat mit Hülfe großer Luftpumpen noch viel bedeutendere Fallräume luftleer zu machen gewuſſt, und hierin dieſelben Verſuche mit demſelben glücklichen Erfolge wiederholt. Merkwürdig iſt in dieſer Art der Apparat von Deſaguliers, wobei ein luftleerer Fallraum von 15 Fuß Höhe vorkam. Im Jahre 1717 ſtellte er hiermit einmal in Gegenwart des Königs Georg und der Prinzeſſin von Walis, und ſpäter im Beiſein der königlichen Geſellſchaft der Wiſſenſchaften zu London, ſehr glückliche Verſuche an. Sein Recipient beſtand aus vier Glascylindern, wie wir vorhin einen

chen beſchrieben haben, und dieſe Cylinder waren abwechſelnd
t 4 eben ſo langen und weiten Cylindern aus dichtem Holze
einem einzigen Cylinder von 15 Fuß Höhe verbunden. Wenn
Luft aus dieſem Fallraume nicht entfernt war, und Deſaguliers
ß eine Guinee und ein Papierſtückchen zu gleicher Zeit von der-
ben Höhe herabfallen, ſo war jene ſchon am Boden angekommen,
s dieſes erſt etwa die Mitte der Fallhöhe erreicht hatte. War
gegen die Luft völlig ausgepumpt, ſo fiel die Guinee, das Pa-
erſtückchen und die Flaumfeder ganz in derſelben Zeit von derſelben
öhe zu Boden. Dieſe Verſuche beſiegten alle nur möglichen
weifel über Galilei's Grundſatz.

§. 188.

Der ſogenannte Waſſer- oder Pulshammer verdient
i dieſer Gelegenheit auch einiger Erwähnung, weil er uns ein
ht hübſches Beiſpiel über die auffallende Veränderung des Fallens
r Materie im luftleeren Raume darbietet. In dem luftleeren
ume einer mäßig weiten, an beiden Enden kugelförmig auslau-
den und hermetiſch verſchloſſenen, ſtarken Glasröhre von etwa
Fuß Länge befindet ſich etwas Waſſer. Schüttelt man nun
ſe Vorrichtung, oder läſſt man das Waſſer darin von der einen
ite zur anderen hinablaufen, ſo ſchlägt es mit lautem Geräuſch,
s dem Klappern von Kieſelſteinen nicht unähnlich iſt, an die
ände des Gefäßes, und fällt wie Queckſilber ſehr raſch und ſchwer
Boden. Der Grund von dieſem merkwürdigen Phänomene liegt
nz allein in der Wegnahme des Widerſtandes der Luft. Es
an das Waſſer die Wände der Glasröhre ſchneller und unmittelbar
führen, während es bei einem mit Luft angefüllten Gefäße ſchon
dem Fallen zu einer langſameren Bewegung gezwungen wird,
d bei der Ankunft auf dem Boden auch noch die hier von der
häſion zum Glaſe feſtgehaltene Luft antrifft. Der Name Puls-
mmer iſt von der pulſirenden Bewegung des eingeſchloſſenen
aſſers abgeleitet, welche man wahrnimmt, ſobald der Apparat, an
n einen Ende in der vollen Hand gehalten, frei in horizontale
ge gebracht wird, und die von der Mittheilung der Bewegung
rührt, welche der Pulsſchlag in der Hand des Menſchen erzeugt. —
: bei dieſem Experimente die haltende Hand nur einigermaßen
rm, ſo ſieht man nach einigen Augenblicken das eingeſchloſſene Waſſer

in den Zuſtand des Siedens übergehen, woraus zugleich folgt, wie durch die Wegnahme des Luftdrucks ſchon eine ſehr geringe Wärme ausreicht, um das Waſſer zum Sieden zu bringen; womit auch die Erfahrung der naturforſchenden Bergreiſenden übereinſtimmt, daß nämlich das Waſſer auf den Gipfeln hoher Gebirge viel leichter kocht, als unten am Fuße derſelben.

Bei dem Herabfallen des Waſſers in dem eben beſchriebenen Apparate iſt der Anſchlag der Flüſſigkeit an die inneren Wände des Gefäßes nicht bloß für das Gehör ſtärker, ſondern auch in jeder anderen Hinſicht bedeutend kräftiger, ſo daß nicht ſelten der ganze Körper zertrümmert wird, ſobald man das Schütteln zu heftig und das Herabfallen des Waſſers zu plötzlich vornimmt. — Das Queckſilber im Barometer hat an ſeiner oberen Spitze auch einen luftleeren Raum (die Torricellianiſche Leere), und man hört es hier ebenſo laut anſchlagen, ſobald der Barometer in eine etwas geſenkte Lage gebracht wird; wobei es ebenfalls nicht an Beiſpielen fehlt, daß die Glasröhre bei einem unvorſichtigen zu raſchen Umkippen durch den davon veranlaſſten heftigen Anſchlag des Queckſilbers in Stücke zerbrochen iſt.

§. 189.

Um ſich nun einigermaßen deutlich zu machen, auf welche Weiſe durch den Widerſtand der Luft eine Verſchiedenheit in der Geſchwindigkeit der frei durch denſelben Raum fallenden Körper entſtehen kann, ſo muß man ſich vorſtellen, daß jeder Körper mit ſeinem Gewichte auf die unter ihm befindliche ſelbſt ſchwere Luft drückt, und daß er dieſe Luft gerade mit ſeinem ſpecifiſchen Uebergewichte aus dem Wege treiben muß. Je ſchwerer alſo bei derſelben Ausdehnung der fallende Körper iſt, um ſo größer ſeine Geſchwindigkeit, weil die zum Wegräumen der Luft thätige Kraft um ſo größer iſt; und ferner, je größer bei demſelben abſoluten Gewichte verſchiedener Körper die auf die Wegräumung der Luft Bezug habende Fläche ausgedehnt iſt, um ſo mehr Luft muß mit derſelben Kraft in Bewegung geſetzt werden, um ſo geringer muß daher auch die Geſchwindigkeit der Bewegung ausfallen. Für die

ke dieſer beiden Folgerungen ſprechen ſchon die oben angeführten
:ſuche von Ricciolius und Deſaguliers (§. 185), und für
: andere wollen wir noch folgenden Verſuch in Vorſchlag bringen. F. 54.

Man wählt ſich zwei Paar ganz gleich große und ſchwere
leikugeln, wie ſie zum Büchſenſchießen gebraucht werden, löthet
s eine Paar ganz unverändert in der von ab dargeſtellten Form
einem einzigen Körper zuſammen; von dem anderen Paare ſchlägt
m vorher die eine Kugel ganz platt zu einer runden Scheibe c,
lche wohl dreimal ſo viel Durchmeſſer beſitzt, als die zweite Ku-
, und löthet ſie dann beide zuſammen, wie es in der Figur
: cd angedeutet iſt. Läſſt man nun dieſe beiden Körper — nach-
n ſie an einem ſeidenen Faden aufgehängt, mit Hülfe eines kleinen
:ettes AB in die horizontale Lage gebracht worden ſind — gleich-
:ig von derſelben nicht zu unbedeutenden Höhe hinabfallen, ſo
:d ab merklich früher als cd den Boden erreichen, weil die der
gzuräumenden Luft zugekehrte Fläche bei cd an 9 mal größer
, als die bei ab. Bei einem Fallraume von 100 F. iſt der
terſchied ſchon über 12 bis 15 Fuß.

§. 190.

Sind wir nun aus den hier angeführten Gründen überzeugt,
ß an demſelben Orte alle Materie gleich ſtark von dem Mittel-
nkte der Erde angezogen wird, und alſo ganz gleiche Schwere
itze, ſo muß man ſich doch ja hüten, den Begriff Schwere mit
n des Gewichtes der begrenzten Materie zu verwechſeln, ſonſt
ne man am Ende zu der einſt von einem Schriftſteller ausge-
ochenen übereilten Behauptung: »Alle Körper auf Erden ſind
:ich ſchwer. Millionen Centner Blei ſind nicht ſchwerer, als ein
uentchen, oder als ein Sandkörnchen, oder als eine Flaumfe-
r. Ein ganzes Fuder Heu iſt nicht ſchwerer, als das kleinſte
ıſect darauf.« — Die Stoffe, aus denen die Körper auf
den beſtehen, ſind allerdings gleich ſchwer, aber ja nicht die
örper ſelbſt.

Iſt es nun keinem Zweifel mehr unterworfen, daß an jedem
rte der Oberfläche unſerer Erde alle Körper gleich ſchnell durch
ıſelben Fallraum fallen, ſobald nur jedes Hinderniß der Bewe-
ng ihnen aus dem Wege geräumt worden iſt, ſo erſcheint auch
: Frage ſehr natürlich, wie hoch fallen die Körper in freier Be-

wegung während einer Sekunde. Und hierauf dient zur Antwort, daß zu Paris die Länge dieses Fallraums für eine Sekunde $4\frac{9}{10}$ Meter, oder 15 Fuß 1 Zoll 2 Linien gefunden worden ist, welches nach rheinländischem Maße $15\frac{1}{4}$ F. beträgt. Dabei ist indeß noch zu bemerken, daß eine solche Länge an verschiedenen Orten an der Oberfläche unserer Erde auch verschieden ausfallen müsse, weil die Erde keine vollkommene Kugelgestalt besitzt. Näher nach dem Äquator, oder näher nach den Polen muß dieser Fallraum etwas kleiner oder größer ausfallen.

§. 191.

Wir gehen nun zu dem zweiten, von Galilei zuerst aufgestellten Gesetze der Bewegung des freien Falles über:

Die Bewegung der freifallenden Körper ist eine gleichförmig beschleunigte, und es verhalten sich dabei die Fallräume wie die Quadrate der entsprechenden verflossenen Zeiten.

Eine Bewegung ist gleichförmig beschleunigt, wenn dabei das Größerwerden der auf dieselben nach einander folgenden Zeiteinheiten bezogenen Geschwindigkeit ganz gleichbleibt. Die Bewegung der Lokomotive auf einer Eisenbahn kann uns hierbei als Beispiel dienen. In der Mitte einer jeden Fahrt behält diese Maschine eine Zeitlang ziemlich ganz dieselbe Geschwindigkeit, so daß sie z. B. in jeder Sekunde eine Strecke von 300 F. zurücklegt. Anfang und Ende der Fahrt können aber als veränderlich angesehen werden. Angenommen nun, es beginne die Bewegung langsam, so daß die Lokomotive in der 1sten Sek. nur 10 F., in der 2ten Sek. aber schon 20 F., in der 3ten Sek. 30 F. Weg durchlaufen habe, und daß sie in der ersten halben Minute bei jeder folgenden Sekunde einen 10 F. größeren Weg zurückgelegt hat, als in der vorhergehenden, so wird die Bewegung während dieser 30 Sek. gleichförmig beschleunigt gewesen sein. Am Ausgange der Fahrt, wo die Geschwindigkeit der Lokomotive eben so regelmäßig abnimmt, würde die Bewegung eine gleichförmig verzögerte genannt werden.

§. 192.

Daß die Bewegung des freien Falles eine beschleunigte sei, läßt sich schon unmittelbar aus der Erfahrung des täglichen Lebens ableiten. Ein kleiner Stein, ein Bleischrot, eine Erbse, welche von

erschiedenen Höhen auf einen Tisch fällt, schlägt um so lauter an, und springt um so kräftiger wieder zurück, je höher der Punkt über der Tischplatte gelegen ist, von dem ein solcher Körper herabfällt. Eine Wachs- oder Thonkügel, wenn man sie aus der Hand auf eine Steinplatte hinabfallen lässt, wird um so mehr abgeplattet, je größer die Fallhöhe. Bei dem Hinabspringen von einer Fußbank empfinden wir keine so heftige Erschütterung in den Füßen, als wenn wir von dem höheren Stuhle, oder gar von dem Tische hinabspringen, und wir schließen nach diesen Erfahrungen, daß es vollkühn wäre, bei einer Höhe von 20 Fuß noch ein Hinabspringen wagen zu wollen, weil dabei ein Zerschmettern unserer Glieder unvermeidlich wäre. Nun ist es aber eine in der Natur der Bewegung begründete Wahrheit, je rascher ein Körper in Bewegung betroffen ist, um so schwerer lässt er sich wieder zur Ruhe bringen, und um so kräftiger ist das Zusammentreffen mit dem Gegenstande, der sich der Fortsetzung seiner Bewegung entgegenstellt. Daher ist es nun auch bei dem freifallenden Körper keinem Zweifel unterworfen, daß er sich um so schneller bewegt, je höher er herabfällt, weil er in eben dem Maße auch stärker gegen den Boden schlägt, welcher sich seiner ferneren Bewegung als Hinderniß entgegenstellt. — Gebraucht ein Körper, um eine Höhe von 15 Fuß frei zu durchfallen, 1. Sek. Zeit, so sind, um die doppelte Höhe von 30 Fuß eben so zu durchfallen, nicht 2, sondern kaum $1\frac{1}{2}$ Sek. Zeit erforderlich; ein Versuch, der sich am besten mit Hülfe einer Bleikugel und einer genauen Tertienuhr anstellen lässt.

§. 193.

Jetzt wollen wir auch die Gründe angeben, welche uns berechtigen können, zu behaupten, daß die Bewegung des freien Falles nicht unbestimmt bloß beschleunigt, sondern ganz gleichförmig beschleunigt sei.

Die Schwere verlässt den fallenden Körper nicht einen Augenblick; an jedem Punkte seiner Bahn wirkt sie auf ihn gerade so stark, als wenn er von hier ab erst zu fallen anhöbe, und sie ist den Wirkungen in den vorhergehenden Punkten nicht allein nicht entgegen, sondern trägt zu ihrer Vergrößerung bei. Nehmen wir nun hinzu, daß die Schwere an jedem Orte der Oberfläche unserer Erde, in allen Regionen, wo es uns möglich ist, Fallver-

ſuche anzuſtellen, ganz unveränderlich dieſelbe Größe beſitzt, ſo wird ein freifallender Körper, bei dem Verfolge ſeiner Bewegung, eben ſo gleichmäßig einen gleichen Zuwachs an hinabtreibender Kraft gewinnen, wie die dabei verfließende Zeit durch unendlich kleine gleiche Zeitmomente heranwachſend gedacht werden kann. In eben dem Maße wie ein Körper von einer vergrößerten Kraft zur Bewegung getrieben wird, in eben dem Maße muß er ſich auch geſchwinder bewegen. Da nun das Wachſen der den freien Fall bewirkenden Kraft ganz genau mit dem Wachſen der verfließenden Zeit in Verhältniß ſteht, ſo muß auch die Geſchwindigkeit dieſer Bewegung eben ſo gleichmäßig wachſen, wie die bei der Bewegung verfließende Zeit. Nach dieſer allgemeinen Betrachtung iſt es daher ſehr wahrſcheinlich, daß die Bewegung des freien Falles eine gleichförmig beſchleunigte ſei. Wir wollen uns nun zur weiteren Aufklärung und Beſtätigung der Sache etwas ſpecieller auszudrücken ſuchen.

Wenn ein freifallender Körper in 1 Sek. 15 Fuß Fallraum mit gleichförmig wachſender Geſchwindigkeit durchfällt, und dabei von dem Zuſtande der Ruhe anfängt, ſich zu bewegen, ſo iſt es natürlich, daß er am Ende der Sekunde eine größere Geſchwindigkeit beſitzt, als nöthig wäre, ihn bei ganz gleichförmiger Bewegung in 1 Sek. durch 15 Fuß Fallraum zu bewegen. Es entſteht alſo die Frage, wie groß iſt die Endgeſchwindigkeit nach Verlauf der erſten Sekunde Fallzeit? — Da die Veränderung der Geſchwindigkeit höchſt wahrſcheinlich von Anfang bis zu Ende des Falles ganz gleichmäßig wachſend iſt, ſo muß die Geſchwindigkeit, welche bei ganz unverändertem Zuſtande in derſelben Zeit den Körper durch denſelben Fallraum von 15 Fuß bewegen kann, eben ſo ſehr den Anfang jener veränderlichen Geſchwindigkeit an Größe übertreffen, wie ſie ſelbſt von dem Ausgange der veränderlichen Geſchwindigkeit übertroffen wird; oder, was daſſelbe ſagen will, es muß dieſe unveränderliche Geſchwindigkeit von 15 Fuß für 1 Sek. genau in der Mitte liegen, zwiſchen der von o bis zu der geſuchten Größe der fortwährend gleichmäßig wachſenden veränderlichen Geſchwindigkeit, welche ebenfalls einer Bewegung angehört, wobei in 1 Sek. 15 Fuß Raum zurückgelegt wird. Und hieraus folgt, daß die geſuchte Endgeſchwindigkeit 2 mal 15 Fuß, d. i. 30 Fuß, groß ſein müſſe; denn 15 liegt gerade in der Mitte zwiſchen o und 30. — Es hat mithin der frei-

allende Körper am Ende der ersten Sekunde des Falles eine Geschwindigkeit erlangt, womit er, wenn die Geschwindigkeit nun unveränderlich bliebe, in der zweiten Sekunde einen doppelt so großen Fallraum durchlaufen könnte, als er in der ersten zurückgelegt hat. Weil nun aber der Körper, wenn er die Fallbewegung während der weiten Sek. ausführen will, durch den beständigen Einfluß der Schwere wieder auf eben die Weise zur Beschleunigung getrieben wird, wie in der ersten Sek., so muß er am Ende der zweiten Sek. zu der schon von der ersten Sek. mitgebrachten Geschwindigkeit von 2 mal 15 Fuß noch einen Zuwachs von ebenfalls 2 mal 15 Fuß hinzubekommen, also im Ganzen eine Endgeschwindigkeit von 4 mal 15 Fuß erlangt haben. Folglich wächst die veränderliche Geschwindigkeit bis zu Ende der zweiten Sek. von der zweifachen bis zu der vierfachen mittleren Geschwindigkeit für die erste Sek.; und da wir Ursache haben, dieses Wachsen als ganz gleichförmig anzunehmen, so würde mit der zwischen 2 und 4 gerade in der Mitte gelegenen dreifachen, während der zweiten Sek. unveränderlich bleibenden Geschwindigkeit von 15 Fuß, eben so viel Bewegung erzeugt, als mit der wirklich vorkommenden veränderlichen. Es ist also der durchlaufene Raum für die zweite Sekunde gleich 3 mal 15 Fuß, während die Endgeschwindigkeit 4 mal 15 Fuß beträgt. — Auf dieselbe Weise läßt sich ferner ableiten, daß der Fallraum, oder die mittlere Geschwindigkeit

für die 3te Sekunde 5 mal 15 Fuß
» » 4te » 7 » 15 »
» » 5te » 9 » 15 »

betrage, daß dagegen die Endgeschwindigkeit

für die 3te Sekunde 6 mal 15 Fuß
» » 4te » 8 » 15 »
» » 5te » 10 » 15 »

ausmache. Woraus also folgt, daß die Fallräume so gut, wie die mittleren Geschwindigkeiten, in den auf einander folgenden gleichen Zeiten nach den ungeraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9 wachsen, während die Endgeschwindigkeiten nach den geraden Zahlen 2, 4, 6,

8, 10 zunehmen. Es stehen daher diese Endgeschwindigkeiten immer in dem Verhältniß der verflossenen Zeiten.

Jetzt ist es nicht mehr schwer zu zeigen, daß die ganzen Fallräume in 1, 2, 3, 4, 5 ... Sekunden Zeit sich verhalten, wie 1, 4, 9, 16, 25 ..., nämlich gerade wie die Quadrate von den Zahlen für die Dauer der Bewegung. Denn wenn der Körper in der 1sten, 2ten, 3ten, 4ten, 5ten Sekunde, 1, 3, 5, 7, 9 mal 15 F. Fallraum durchfällt, so ist es unmittelbare Folge, daß er

in den 2 ersten Sek. 1 + 3 d. i. 4 mal 15 Fuß
» 3 » » 1 + 3 + 5, d. i. 9 mal 15 Fuß
» 4 » » 1 + 3 + 5 + 7, d. i. 16 mal 15 F.
» 5 » » 1 + 3 + 5 + 7 + 9, d. i. 25 mal 15 F.

zurücklegen müsse.

§. 194.

Das eben bewiesene Gesetz beruhet hauptsächlich in der Annahme, daß die Kraft der Schwere den freifallenden Körper keinen Augenblick verläßt, daß diese ihm in jeden folgenden Punkt seiner Bahn zu der bis hierher mitgebrachten Geschwindigkeit noch einen, aber sich immer gleichbleibenden neuen Beitrag liefere, welcher in dem Bestreben des Körpers besteht, von diesem Punkte eben so wie vom Anfangspunkte der Bewegung aus tiefer hinabzufallen. Von der Wahrheit dieser durch große Wahrscheinlichkeit unterstützten Hypothese können wir uns nur durch unmittelbare Versuche überzeugen. Hierauf war auch schon Galilei bedacht, um seiner neuen Lehre mehr Glauben zu verschaffen, welche er in Padua von 1592 bis 1610 mit außerordentlich vielem Beifall vortrug, so daß ihm die Zuhörer in großer Anzahl selbst aus den entferntesten Gegenden Europa's zuströmten; es ist sogar wahrscheinlich, daß Gustav Adolph von Schweden zu dieser Zeit die Vorträge dieses berühmten Mannes mit angehört habe. Galilei hatte indeß bei diesen Versuchen mit sehr großen Schwierigkeiten zu kämpfen; es fehlte der damaligen Zeit noch gänzlich an brauchbaren Instrumenten zum genauen Abmessen kleiner Zeiträume. Es gab allerdings schon Sand-, Wasser- und Sonnenuhren, welche zum Messen der ganzen und halben Stunden, ja selbst der Viertelstunden und noch etwas klei-

nere Zeittheile ganz treffliche Dienste leisteten, indeß doch nicht so vollkommen eingerichtet werden konnten, daß danach ganze, halbe und viertel Sekunden zu messen waren; und die Gesetze des freien Falles konnten doch nur nach so kleinen Zeiträumen erkannt und beurtheilt werden. Galilei mußte sich daher zunächst eine Vorrichtung erfinden, welche zum Ausmessen kleiner Zeiten taugte. Dazu wählte er anfangs ein weites mit Wasser gefülltes Gefäß, in dessen Boden sich eine feine, röhrenförmig auslaufende Oeffnung befand, welche zuerst nur mit dem Finger, später vermittelst eines Hahns geöffnet und verschlossen werden konnte, und er stellte unter diese Oeffnung ein zum Auffangen des herausfließenden Wassers passendes Gefäß. Da das erste Gefäß, im Vergleich zu der Oeffnung im Boden, sehr groß war, so mußte während kleiner nach einander folgenden Zeiträume auch der Druck seines Inhaltes ziemlich gleich groß bleiben, weil immer nur wenig Wasser herausfließen konnte; daher war es ohne merklichen Fehler anzunehmen, daß in gleichen auf einander folgenden kleinen Zeiten auch gleich schwere Wassermassen aus der feinen Oeffnung herausströmten. Nun ließ er einen möglichst dichten Körper von einer mäßigen Höhe frei durch die Luft fallen und bestimmte das Gewicht von dem während der Zeit aus dem großen Gefäße herausgeflossenen Wasser; darauf ließ er denselben Körper durch einen 4, 9, 16, 25 mal so großen Fallraum fallen, und bestimmte, wie vorhin, durch das Gewicht die während dieser Bewegung aufgefangene Wassermasse, und fand dieselbe 2, 3, 4, 5 mal so groß, als die erste. — Später entdeckte Galilei in den Pendelschwingungen (§. 153) ein noch viel genaueres Mittel zum Ausmessen kleiner Zeitmomente, wodurch er zugleich zu dem ersten Erfinder unserer Pendeluhren wurde. Es stellten dann auch noch mehrere Zeitgenossen von Galilei ähnliche Versuche an, aber überall bestätigte sich das Galileische Gesetz als vollkommen richtig; kleine Abweichungen, welche dabei von dem Einen und dem Anderen wahrgenommen wurden, ließen sich genau aus dem Widerstande der Luft erklären.

§. 195.

Zu den eben kennen gelernten Versuchen gehörten, wegen der gar zu schnell wachsenden Geschwindigkeit, sehr bedeutende Höhen und überhaupt ziemlich umständliche Vorrichtungen, welche der Aus-

führbarkeit und dem Gelingen der Sache nicht unbedeutende Hindernisse in den Weg legten; es war daher sehr natürlich, auf Mittel zu sinnen, wodurch diese Versuche, nach ähnlicher Weise, wie andere physikalischen Experimente, in einem Zimmer anzustellen wären. Auch hierin that es der große Galilei allen seinen Zeitgenossen zuvor; durch die Erfindung seiner Fallrinne, welche noch jetzt, obgleich sie von vielen anderen Apparaten längst übertroffen worden ist, als ein recht billiges und nützliches Werkzeug der Experimentalphysik angesehen werden kann. Ehe wir indeß die Beschreibung und Erklärung davon geben können, wollen wir noch einige belehrende Worte über den Fall schwerer Körper auf geneigten Ebenen voraufschicken.

F. 55. Es stelle im vertikalen Durchschnitte AB irgend eine feste Ebene vor, welche sich zu BC, als Horizontalebene gedacht, unter einem beliebigen Winkel ABC neige. Ferner stelle der Kreis um a in eben jenem Schnitte das Profil einer auf AB gelegten und darauf hinabrollenden Kugel vor. In dem Augenblicke, wo die Kugel, auf AB gelegt, ihrem eignen Gewichte überlassen ist, wirken auf den Schwerpunkt a derselben zwei Kräfte, wovon die eine diesen Punkt und mithin auch die ganze Kugel in der Richtung ac der Schwere senkrecht zu BC tiefer hinabzutreiben bestrebt ist, während die andere in der Richtung Aad senkrecht zu AB sich als Festigkeit von AB und a dem ersten Bestreben zum Theil entgegensetzt, und der Kugel nur gestattet, auf der vorgeschriebenen Bahn AB hinabzurollen, oder dem Punkte a erlaubt, immer in gleicher Entfernung von AB, d. i. dazu parallel zu tieferen und tieferen Lagen hinabzugleiten. Angenommen, die erste Kraft hätte allein wirkend den Körper in einer gewissen Zeit von a bis c hinabbewegen können, so läßt sich aus der Größe dieser einen Kraft und den Richtungen der einen mitwirkenden in ad und der resultirenden Kraft in ab das Parallelogramm der Kräfte acbd konstruiren (§. 76.), wonach dann b der Ort wäre, wohin die Kugel a auf der vorgeschriebenen Bahn AB während derselben Zeit gebracht wäre, in welcher sie ohne AB und überhaupt ganz frei von a bis c fallen könnte. Nun ist ab als die Kathete des rechtwinkligen Dreiecks abc immer kleiner als die Hypotenuse ac desselben, woraus also

folgt, daß die Kugel während der festgesetzten Zeit auf AB einen kürzeren Weg zurücklegt als freifallend in ac; mithin ist die Bewegung des Falles auf der geneigten Bahn AB langsamer als im Freien. Man sieht ferner, je weniger AB von BC in Hinsicht der Neigung abweicht, oder je kleiner der Winkel ABC ist, um so kleiner muß auch der Winkel acb sein, um so kleiner auch die diesem Winkel gegenüberliegende Seite ab, und endlich um so langsamer das Hinabrollen der Kugel a auf AB. Bedenken wir nun, daß die Kugel um a in jedem Punkte der Bahn ab unaufhörlich von denselben beiden Kräften unveränderlich in derselben Richtung wirkend, zur Bewegung getrieben wird, und daß sie fortwährend in einem tieferen Punkte zu der bis dahin mitgebrachten Geschwindigkeit einen gleich großen Zuwachs (von der Schwerkraft veranlasst) an Geschwindigkeit erhält, so ist die Bewegung der Kugel auf AB auch gleichförmig beschleunigt wie beim ganz freien Falle, nur mit dem Unterschiede, daß jene Bewegung langsamer ausfällt, als diese; daher eignet sich die erste auch besser zu Fallversuchen als die zweite.

Aus dieser Betrachtung folgt zugleich noch, daß, wenn ac die Größe des Gewichtes von dem Körper a vorstellt, auch ad die Richtung und verhältnißmäßige Größe von dem Drucke repräsentire, welchen AB von der Kugel um a zu übernehmen hat, und daß ab die Richtung und Größe von dem noch nicht unterstützten Drucke vorstellt, welcher gewöhnlich mit einer nach der entgegengesetzten Seite ae hin, vermittelst einer über eine Rolle e geleiteten Schnur und einer daran befestigten, mit Gewichten beschwerten Wagschale ausgemessen wird, sobald man durch ein Experiment sich von der Richtigkeit dieser Darstellung überzeugen will.

§. 196.

Es pflegt nun die Galileische Fallrinne in unseren Tagen auf folgende Weise eingerichtet zu sein: Ein aus Holz geformter, geradlinichter Kanal AB ist etwa 12 Ellen lang, mit F. dem einen Ende B auf die ebene Erde gestützt und mit dem anderen A $\frac{1}{2}$ Elle darüber erhaben, so daß die Vorrichtung AB zugleich eine schiefe Ebene vorstellen kann. Die Rinne in AB ist sehr eben ausgehobelt, mit Papier oder Pergament ausgeklebt

und, wo es nöthig war, noch nachgeschliffen, damit die darin hinabrollende fein polirte Messingkugel so wenig als möglich von der Reibung in ihrer Bewegung behindert werde. Die Länge des Kanals AB ist in gleiche Theile getheilt. Diese Theile sind auf der einen Seite mit den auf einander folgenden Zahlen unserer natürlichen Zahlenreihe 1, 2, 3 ... bezeichnet; auf der anderen Seite stehen aber, den Quadratzahlen 1, 4, 9, 16, 25, 36 ... gegenüber, die entsprechenden Wurzelzahlen 1, 2, 3, 4, 5, 6, so daß jene sich auf die Fallräume, diese auf die dabei verfließenden Zeiten beziehen. Außerdem ist nun auch noch ein Pendel b mit dem Apparate verbinden, an dem sich die Linse so verschieben lässt, bis die Dauer des Pendelschlags mit dem Durchlaufen der Kugel a durch den ersten Fallraum von 0 bis 1 übereinstimmt. Um bei dem Verlauf der Bewegung die Pendelschläge, ohne darauf zu sehen, zählen zu können, so ist mit dem Pendel auch noch eine Glocke c so in Verbindung gebracht, daß es bei jeder Schwingung einen kleinen Hammer emporhebt und damit gegen diese Glocke c schlägt. — Soll nun der Apparat gebraucht werden, so setzt man zuerst das Pendel in Bewegung, legt die Kugel a auf den Theilstrich o und überlässt sie gerade bei einem Pendelschlage sich selbst. Zählt man dann in derselben Zeit die Pendelschläge laut mit 1, 2, 3 ..., so wird man finden, daß die Kugel genau bei diesen Zeitmomenten in den Fallraum 1, 4, 9, 16, 25, 36 angelangt sein wird.

§. 197.

Unter allen Apparaten, welche zur Versinnlichung der Fallgesetze in Anwendung gebracht worden sind, macht unstreitig die von Atwood erfundene Fallmaschine auf den höchsten Grad der Vollkommenheit Anspruch.

Fig. 57. Ein aufrecht stehender vierkantiger Ständer AB von 8 bis 10 Fuß Höhe und $\frac{1}{4}$ Quadratfuß im Querdurchschnitt, ruht senkrecht auf einem Fußkreuze, welches vermittelst Schrauben in einen genau horizontalen Stand gebracht werden kann, wobei sich AB in vertikaler Richtung darüber erhebt. Auf der einen Seite von AB ist eine Skale angebracht, worauf die ganze Höhe in 36, und noch mehr Theile getheilt worden ist. Oben in A befindet sich eine um ihre horizontale Axe leicht drehbare Rolle C, welche etwas vor

: eingetheilten Vorderwand vorausragt. Ueber dieſe Rolle iſt
ıe feine ſeidene Schnur gelegt, deren Enden mit ganz gleichſchweren,
ıht zu unbedeutenden Gewichten a, b belaſtet ſind. Die Rolle C
t auch ein wenig ſeitwärts, damit das eine jener beiden Gewichte
h gerade in der Mitte vor der eingetheilten Skale bewegen kann.
uf dem eben genannten Gewichte liegt, in der von D etwas ver-
ößert dargeſtellten Form, ein kleines Uebergewicht von demſelben
)weren Metalle, woraus beide Gewichtsſtücke a, b verfertigt worden
ıd, ſo daß es ſich leicht von dem etwas langen Halſe des Ge-
ichtes a abnehmen läſſt. Die kleine Gabel in c iſt um ein ho-
zontales Gelenk leicht auf und nieder zu klappen, und läſſt ſich,
ırch das Vorſchieben eines Riegels, vermittelſt eines Hebels, der
ın A bis nach f hinabreicht, gerade in dem Augenblicke empor-
ichten, wo der eben erwähnte etwas längere Hals von a in ihre
)effnung hineinpaſſt, und wo der über dem Halſe befindliche Knopf
on a das Hindurchfallen dieſes Gewichtes verhindert. Das Pendel de
t auf ähnliche Weiſe mit einer Glocke, wie vorhin bei der Fallrinne,
ingerichtet; nur wird es unmittelbar vor jedem Verſuche nach Vorn
in zu ſeiner entſprechenden Schwunghöhe emporgehoben, und
ermittelſt eines Riegels g in dieſer Lage ſo lange erhalten, bis
ıan das Herabfallen des a beabſichtigt, wo es, durch das Weg-
ehmen des Riegels g, bei ſeiner erſten Schwingung, den Hebel f
ırückdrängt, durch deſſen Verbindung die Gabel c und zugleich
ıs daran feſtgehaltene Gewicht a mit ſeinem Uebergewichte zum
allen gebracht wird. Sind nun die gleichen Gewichte a, b nicht
ı klein, im Vergleiche zu dem Uebergewichte auf a, ſo wird der
ſammengeſetzte Körper a mit gleichförmig beſchleunigter Bewegung
nabſinken, nur viel langſamer, wie bei dem freien Falle, ſo daß
an vollkommen Zeit hat, ſich von der Richtigkeit der Fallgeſetze
: überzeugen.

Wir wollen ſetzen, es habe jedes der gleichen Gewichtsſtücke
b ein Gewicht von 9 Loth 1 Quentchen, und das Uebergewicht,
omit a noch beſchwert wird, wiege 1 Quentchen. Ehe nun a
it dem Uebergewichte beſchwert iſt, ſo halten ſich beide Gewichts-
ücke das Gleichgewicht, und es iſt klar, wenn a durch einen
einen Stoß zum Sinken gebracht worden, daß es dann in eine
ınz gleichförmige Bewegung übergehen müſſe, weil die Wirkung

der Schwere in ihm gleichsam vernichtet ist durch die vollkommen gleiche Gegenwirkung von dem Gegengewichte b. Wird nun aber der Körper a noch mit dem Uebergewichte von 1 Quentchen belastet, so fängt er an zu sinken; indeß kann dies Sinken nur langsam vor sich gehen, weil dies eine Quentchen Schwerkraft nicht blos das Uebergewicht in Bewegung zu bringen hat, sondern auch noch die beiden anderen Gewichtsstücke a, b, welches zusammen eine Masse von 75 Quentchen ausmacht. Da nun in eben dem Maße die Geschwindigkeit langsamer ausfallen muß, als die mit derselben Kraft zu bewegende Masse größer ist; so muß in vorliegendem Beispiele eine 75 mal langsamere, gleichförmig beschleunigte Bewegung entstehen, als wenn das Uebergewicht für sich allein hätte fallen können. Angenommen, dieses Uebergewicht fiele frei für sich in 1 Sekunde 15 Fuß, so wird es in Verbindung mit den beiden Gewichtsstücken a, b, nur noch $\frac{1}{75}$, oder $\frac{1}{5}$ Fuß, oder 2 Decimalzoll hoch herabfallen, und daher in 1, 2, 3, 4, 5, 6 Sekunden nicht mehr 15, 60, 135, 240, 375, 540 Fuß Fallraum, wie bei freiem Falle, sondern nur durch 2, 8, 18, 32, 50, 72 Zolle durchfallen; so daß also in einem nur noch schneller zu überblickenden Raume von 7 bis 8 Fuß, und mit größerer Genauigkeit dieselben Versuche, wie mit der Fallrinne, vorgenommen werden können.

Zur Darstellung einer ganz gleichförmigen Bewegung ist diese Maschine auch noch auf andere Weise, wie das vorhin schon bemerkt wurde, zu gebrauchen. Es wird zu diesem Ende, nachdem der zusammengesetzte Körper a, wie oben erwähnt, von der Gabel c festgehalten ist, und der Riegel g das Pendel de emporhebt, an irgend einem Skalentheile etwa 9, — wo der mit dem Uebergewicht belastete fallende Körper bei dem 3ten Pendelschlage sein wird — ein horizontaler Ring hineingeschraubt, von solcher Weite, daß das Gewichtsstück a, bei der fallenden Bewegung, sehr bequem hindurchgleiten kann, der aber doch zu eng ist, um dem auf a ruhenden Uebergewichte ebenfalls einen Durchgang zu gewähren, so daß dieses, wie es in E etwas vergrößert dargestellt worden, auf dem Ringe in 9 liegen bleibt, und a ohne Uebergewicht weiter sinken kann. Die Folge hiervon wird sein, daß von diesem Augenblicke ab, wo die Veranlassung zu dem fortwährenden Wachsen der Geschwindigkeit fehlt, die Bewegung ganz gleichförmig ausfallen

ß. In der ersten Sekunde dieser neuen Bewegung wird der
ı seinem Uebergewichte befreite Körper nur von 9 bis 15 kommen
ınen, weil seiner Geschwindigkeit der Zuwachs fehlt, das ist der
llraum, den der fallende Körper, mit dem Uebergewichte belastet,
der ersten Sek. durchfällt. In der darauf folgenden zweiten
ek., nach der Wegnahme des Uebergewichtes, wird er nicht bis
ı, sondern nur bis 21, aber doch wieder, wie in der vorherge-
nden ersten Sek., um 6 Raumtheile tiefer hinab gekommen sein;
nn es geht der Geschwindigkeit abermals der Zuwachs von 4 Fall-
umen für die ersten 2 Sekunden der ursprünglichen Bewegung
. Wenn daher nach 3 Pendelschlägen das Uebergewicht ohne
nstoß oder sonstige Störung von a hinweg genommen worden ist,
wird der Körper mit der mitgebrachten Endgeschwindigkeit, (§. 193.)
s ist 2 mal 3 oder 6 Raumtheile auf jeden Pendelschlag wei-
rgehen, so daß er sich bei dem 4ten, 5ten, 6ten, 7ten Pendel-
lage in 15, 21, 27, 33 befindet. Dieser Apparat ist durch
s Annehmen von recht schweren Gewichtsstücken, und durch andere
orrichtung, zum Abwenden der Reibung noch um ein Bedeutendes
verkleinern; es gibt solche Apparate, welche nur halb so viel
aum einnehmen als der eben beschriebene, so daß sie ganz be-
em unter einem Recipienten von nur 6 Fuß Höhe Platz finden
ınen. Auf diese Weise stellt man an einigen Orten, z. B. zu
ıris, diese Fallversuche im luftleeren Raume mit dem glücklichsten
folge an.

§. 198.

Von den eben entwickelten Gesetzen über den Fall schwerer
örper läßt sich nun eine sehr mannigfache nützliche Anwendung
ıchen, welches wir hier aber nur mit einigen Beispielen darthun
ınen, weil ein tieferes Eingehen in diese Sache ziemlich umfas-
de mathematische Kenntnisse nöthig macht.

Ein in vertikaler Richtung von irgend einer Kraft emporge-
rfener Körper muß in eben dem Maße eine gleichförmig ver-
erte Bewegung annehmen, wie der frei herabfallende Körper sich
ichförmig beschleunigt bewegt. Um dieses bestimmter nachweisen
können, so wollen wir uns vorstellen, es würde eine Kanonen-
el auf die eben genannte Weise in die Luft geschossen, und sie
inne ihre Bewegung mit 90 Fuß Geschwindigkeit für die Se-

kunde. Da nun die Schwerkraft der Kugel dem Emporsteigen geradezu entgegenwirkt, und nicht einen Augenblick zu wirken aufhört, auch jede folgende Wirkung immer zu einer gleichmäßigen Vergrößerung der vorhergehenden beiträgt, — so muß bei dieser Bewegung die durch die Schwerkraft erzeugte Verminderung der ursprünglichen Geschwindigkeit in eben dem Maße wachsen, wie die Vergrößerung der Geschwindigkeit bei dem freien Falle desselben Körpers, folglich ist die emporsteigende Bewegung einer vertikal in die freie Luft geschossenen Kugel eine gleichförmig verzögerte. Bringen wir jetzt die eine, aus dem oben (§. 193.) entwickelten Gesetze des freien Falles abgeleitete Folgerung — daß in jeder Sek. die Endgeschwindigkeit eines frei fallenden Körpers gerade dem doppelten Produkte gleich ist, aus der Ordnungszahl der entsprechenden Zeit und aus dem in der ersten Sek. durchlaufenen Fallraume, den wir hier ebenfalls 15 Fuß setzen können — in Anwendung, so wird die mit 90 Fuß Geschwindigkeit abgeschossene Kugel am Ende der ersten Sek. 2 mal 15, d. i. 30 Fuß, Geschwindigkeit verloren haben, also am Anfange der zweiten Sek. nur noch 60 Fuß Geschwindigkeit besitzen; woraus nun folgt, daß diese Kugel während der ersten Sek. eben so hoch emporgestiegen ist, als wenn sie mit der zwischen 90 und 60 Fuß gerade in der Mitte gelegenen Geschwindigkeit 75 Fuß gleichförmig emporgestiegen wäre. Am Ende der zweiten Sek. verliert die ursprüngliche Geschwindigkeit der abgeschossenen Kugel 4 mal 15, d. i. 60 Fuß, Geschwindigkeit, also bleibt nur noch 30 Fuß der ersten Geschwindigkeit, und es folgt daraus, daß das Emporsteigen der Kugel während der zweiten Sek. mit einer, zwischen 60 und 30 Fuß genau in der Mitte gelegenen gleichförmigen Geschwindigkeit 45 Fuß gleich zu setzen ist. Am Ende der dritten Sek. verliert die emporgeschossene Kugel 6 mal 15, d. i. 90 Fuß, also alle Geschwindigkeit, und sie ist in dieser dritten Sek. eben so hoch emporgestiegen, als wenn sie sich mit der zwischen 30 und 0 gerade in der Mitte gelegenen Geschwindigkeit von 15 Fuß gleichförmig empor bewegt hätte. Hiernach wäre die Kugel in 3 Sek. $75 + 45 + 15 = 135$ Fuß hoch emporgekommen, welche Zahl gerade halb so groß ist als 3 mal 90, oder 270 Fuß, d. i. die Höhe, welche die Kugel in 3 Sek. mit unveränderter Geschwindigkeit von 90 Fuß erreicht haben würde. — Hat

die Kugel die größte Höhe erreicht, so wirkt die Schwerkraft wieder ganz allein darauf, und läßt dieselbe mit der Bewegung des freien Falles wieder herabkommen. In 3 Sek. fällt sie (§. 193.) durch den Raum von 9 mal 15, d. i. 135 Fuß, und besitzt am Ende dieser Bewegung wieder 6 mal 15, d. i. 90 Fuß, also die ursprüngliche Geschwindigkeit. — Merkt man sich daher genau die Zeit, welche zwischen dem Abschießen und der Wiederankunft eines solchen Körpers verflossen ist, so wird er gerade so hoch empor gestiegen sein, als er frei fallend in der halben Zeit einen Fallraum durchlaufen kann. Angenommen, eine auf diese Weise abgeschossene Kanonenkugel gebrauche bis zu ihrer Zurückkunft 7 Sek. Zeit, so ist sie $\frac{7}{2}$ Sek. lang emporgestiegen, und darauf eben so lange wieder herabgefallen; nun ist aber der Fallraum für $\frac{7}{2}$ Sek. $\frac{49}{4}$ mal 15 oder $183\frac{3}{4}$ Fuß (§. 193.), folglich ist auch eben so groß die Höhe gewesen, zu der die Kugel emporgestiegen. — Die Endgeschwindigkeit eines $\frac{7}{2}$ Sek. lang frei fallenden Körpers beträgt (§. 193.) 7 mal 15 Fuß, d. i. 105 Fuß, mithin ist auch die Kugel mit einer Geschwindigkeit von 105 Fuß abgeschossen. — Wir haben hierbei den Widerstand der Luft unberücksichtigt gelassen, wodurch noch eine wesentliche Aenderung in der Bewegung erzeugt wird; indeß gehören erschöpfende Untersuchungen dieser Art nicht hierher, sondern mehr in das Gebiet der höheren Mechanik.

Man folgert aus der vorhergehenden Betrachtung leicht, daß, wenn ein Körper mit irgend einer Geschwindigkeit vertikal hinab geworfen würde, daß er dann außer der Geschwindigkeit, welche ihm die Schwere bei dem freien Falle mitzutheilen im Stande ist, auch noch die ihm Anfangs gegebene zugezählt erhalten muß. Wird z. B. ein Stein von einem steilen Felsen senkrecht in's Thal geworfen, mit einer Kraft, welche ihn ohne Einfluß der Schwere in 1 Sek. 20 Fuß tief hinabgetrieben hätte, so muß er, mit Einschluß der Schwere, in der ersten Sek. 35 Fuß, und in 2, 3, 4 Sek. 20 + 60, 20 + 135, 20 + 240 Fuß, oder 80, 155, 260 Fuß durchlaufen haben.

§. 199.

Es läßt sich an die vorhergehende Betrachtung zugleich noch die Beantwortung einer, besonders in früherer Zeit häufig zur Sprache gebrachten, interessanten Frage knüpfen. Denken wir uns

chstark auf den von ihr bewegten Körper wirkt, so läßt sich
ei ohne höhere Rechnung auch die Dauer einer jeden Schwin-
g von dem Abgange des Steins bis zu seiner Wiederankunft
chnen. In der ersten Sek. falle dieser Körper 15 Fuß tief,
n wird er in 60 Sek. (§. 193.) einen 3600 mal 15 oder
000 Fuß langen Fallraum zurückgelegt haben, das ist eine
ge von $2\frac{1}{4}$ Meilen, sobald wir die Meile zu 24000 Fuß in
chlag bringen. Bewegt sich nun der Körper in der ersten Mi-
e durch $2\frac{1}{4}$ Meile Fallraum, so wird er in 20 Minuten 400
$2\frac{1}{4}$ Meilen oder 900 Meilen Fallraum zurücklegen, also noch
as weiter als zum Mittelpunkte der Erde gekommen sein, denn
er ist von dem Anfange der Bewegung nur 860 Meilen ent-
t. Genau genommen kommt der Körper schon in $19\frac{11}{20}$ Mi-
n im Mittelpunkte unserer Erde an, und er gebraucht eine eben
ange Zeit, um von hierab nach dem entgegengesetzten Ende des
achtes zu gelangen, so daß er seine große Reise durch die Erde
zurück bis zu seinem Abgangspunkte in 1 St. 18 M. 12 Sek.
ndet haben wird. Eine höchst überraschend kurze Zeit, woraus
zugleich abnehmen können, daß bei so bedeutenden Fallräumen
Geschwindigkeit der Bewegung des freien Falles alle anderen
chwindigkeiten der Bewegungen auf Erden, mit Ausnahme der
Lichtes und der anderen Imponderabilien, weit hinter sich zu-
lasse. Man weiß z. B., daß eine abgeschossene Musketenkugel
1 Sek. einen Weg von 1600 Fuß zurücklegen kann; ange-
men nun, es wäre möglich, daß diese mit gleichbleibender Ge-
indigkeit denselben Weg wie der Stein durch den 1720 Meilen
en Schacht machen könnte, so würde sie in 15 Sek. eine
le, und mithin in 1 Minute 4 Meilen weit gekommen sein,
ich die Weglänge von 2 mal 1720 Meilen erst in 860 Mi-
n oder 14 St. 20 Min. zurückgelegt haben. Eine Lokomo-
welche auf einer eben so langen horizontalen Eisenbahn immer
10 Minuten 1 Meile zurückzulegen im Stande ist, würde die
e in nicht weniger als 23 T. 21 St. 20 Min. ausführen können.

§. 200.

Jetzt wollen wir auch, so weit es uns möglich ist, untersu- F. 58.
, welchen Einfluß die Schwerkraft auf eine horizontal geworfenen
per ausübe. Es sei AB die horizontale Richtung und Größe

des Weges, welchen ein in A ausgeworfener Körper in einer bestimmten Zeit ohne Einwirkung der Schwere zurücklegen kann, und AC die vertikale Richtung und Tiefe, bis zu welcher derselbe Körper in derselben Zeit von der Schwere allein bewegt werden kann. Denken wir uns nun, daß beide Kräfte zugleich auf A einwirken, so wird er in der festgesetzten Zeit weder nach B, noch nach C gelangen können, sondern er muß in D am Endpunkte der Diagonale des Parallelogrammes der Kräfte (§. 76.) ankommen; und man kann sich vorstellen, daß die beiden Kräfte unmittelbar nach einander, jede in der entsprechenden Zeit wirkend, den Körper zu demselben Ziele führen müssen, als wenn sie gleichzeitig auf ihn einwirkten; wenn daher der Körper zuerst ohne Einfluß der Schwere in der bestimmten Zeit von A bis B vorwärts getrieben worden ist, und er dann von B bloß vor dem Einflüsse der Schwere während derselben Zeit bis D eben so tief hinab gezogen wird, als C unter A gelegen ist, so muß D der Ort sein, wohin, beide Kräfte vereinigt, den Körper in der festgesetzten Zeit gebracht haben würden. Der Weg, welchen der Körper einschlägt, um von A nach D zu gelangen, ist ein krummlinichter AGHD, welcher sich auf folgende Weise deutlich machen läßt. Angenommen, die dem Körper in der Richtung AB mitgetheilte Bewegung sei gleichförmig, so daß in 3 Sekunden die 3 gleichen Räume AE, FF, FB von dem Körper durchlaufen würden, wenn die Wirkung der Schwere nicht wäre. Dann treibt aber die Schwere, für sich wirkend, den Körper in 1, 2, 3 Sekunden nicht gleichmäßig 15, 30, 45 F. tief, nach G,K,L zu den Punkten der geraden Linie AGKL hinab, sondern sehr rasch zunehmend 15, 60, 135 Fuß tief, zu den Punkten G,H,D der krummen Linie AGHD. — Eine solche krumme Linie sieht man bei dem Herausfließen des Wassers aus horizontalen Brunnenröhren, und sie darf bei dem Abschießen der horizontal gerichteten Kanonen oder anderen Geschütze nicht unbeachtet bleiben, sobald man das Erreichen des Zieles nicht bloß dem Zufalle überlassen, sondern auf genaue Rechnung stützen will. Ist z. B. eine Kanone in horizontaler Lage genau auf das Centrum einer 500 F. entfernten Scheibe gerichtet, und es besäße die so abgeschossene Kugel eine Geschwindigkeit von 1500 F. für eine Sekunde, so wird

e Kugel, alle Hindernisse ihrer Bewegung unbeachtet gelassen, in Sekunden zur Scheibe kommen, aber nicht zum Mittelpunkte rselben; denn in $\frac{1}{3}$ Sek. ist die Kugel von der Schwerkraft ge- ieben $\frac{1}{9}$ mal 15 Fuß, d. i. 1 Fuß 8 Zoll tief, unter die dem Mittelpunkte der Scheibe zugewandte horizontale Richtung des An- ngspunktes der Bewegung hinabgesunken, und eben so tief unter em Mittelpunkte wird dann auch die Kugel die Scheibe treffen üssen.

§. 201.

Aus der eben (§. 200.) angestellten Untersuchung lässt sich och manche sehr nützliche Folgerung ziehen. Denkt man sich nämlich F. 59. ie ganze Richtung AC zu sich selbst parallel eben so gleichmäßig ortbewegt, als der Körper A in AB ohne Einwirkung der Schwere ewegt angenommen wurde, so ist klar, daß dann der Körper von bis D immer in der fortgleitenden Richtung AC bleiben muß, nd zwar aus eben den Gründen, nach welchen er vorhin am Ende r Bewegung nur in BD liegen konnte. Stellen wir uns nun r, daß AC der Mastbaum eines auf ruhigem Meere CD fort- gelnden Schiffes ist, und es fiele von der Spitze A, etwa s dem Mastkorbe, ein Stein, oder irgend ein anderer schwerer örper, frei hinab, so ist es nach dem eben Erklärten sehr na- irlich, daß dieser Körper bei seinem Hinabfallen immer in der Nähe s während der Zeit gleichmäßig fortgleitenden Mastbaumes bleiben üsse; denn er wird in dem Augenblicke des Fallens auch noch n dem Bestreben geleitet, die in A mit allen Theilen des Schiffes gleich angenommene gleichmäßige horizontale Bewegung beizube- lten.

Lässt man aus einer rasch fahrenden Kutsche einen schweren örper, vielleicht ein Stück Geld, zu Boden fallen, und verfolgt sselbe mit den Augen, so scheint der Weg des Fallens geradlinicht, e bei einem frei fallenden Körper und stillstehenden Wagens, senk- ht zur Erde gerichtet zu sein, weil die vom Auge aufgefasste krechte Richtung eben so rasch zu sich selbst parallel fortbewegt rd, als der fallende Körper von der Bewegung des Wagens ein estreben zum horizontalen Weitergleiten angenommen hat.

Man erzählte früher, als die ersten Eisenbahnen in England tstanden und auf dem Festlande allmählig durch Beschreibung be-

kannt wurden, die Geſchwindigkeit der Dampfwagen ſei ſo außerordentlich groß, daß Paquete und Briefe, welche man während der Fahrt einem Bahnwärter zuwerfen wolle, ſchon in 30 bis 40 F. Entfernung aus dem Wagen geworfen werden müſſten, damit ſie von einem ſolchen Manne aufgefangen werden könnten, oder doch wenigſtens in ſeiner Nähe zu Boden fielen; daß ſie aber bei der geringſten Verzögerung im Auswerfen vor ihrem Ziele vorbeiflögen und der Bahnwärter oft zehn Schritte weit hinterher laufen müſſe, um ihrer nur habhaft zu werden. Eine mäßig raſche Fahrt beſitzt hierbei eine Geſchwindigkeit von 1 Meile in 10 Minuten oder von 24000 Fuß in 600 Sekunden; es wird daher der aus dem Wagen geworfene Gegenſtand ein Beſtreben haben, in 1 Sekunde 40 Fuß in horizontaler Richtung weiter fortzufliegen; von der Schwere getrieben, wird er in derſelben Zeit 15 F. tief unter ſeine anfängliche Höhe hinabſinken; und wenn auf die Dauer ſeines Falles auch nur $\frac{3}{4}$ Sekunden Zeit gerechnet wird, ſo fliegt er doch noch 30 Fuß weiter fort, während er 8 Fuß tief ſinkt.

§. 202.

Es iſt ferner noch als unmittelbare Folge aus dem eben Be-
F. 59. handelten anzuſehen, wenn die Richtung AC während der Bewegung des Körpers von A bis D nicht immer eine zu ſich ſelbſt parallele Lage beibehält, daß dann auch der bewegte Körper in den meiſten Fällen von dieſer bewegten Richtung abweichen müſſe. Bleibt z. B. bei der Bewegung von AC der Punkt C etwas zurück, während der andere A dieſelbe gleichförmige Bewegung beibehält, mit welcher der Körper ohne Schwere ſich von A bis B zu bewegen ſtrebt, daß ſie alſo am Ende der Bewegung nicht in die Lage von BD, ſondern von BM gekommen iſt, ſo muß der Körper der bewegten Richtung AC fortwährend etwas mehr voraufgeeilt ſein, bis er in D angekommen den Punkt C am weiteſten hinter ſich zurückgelaſſen hat.

Wir wollen hierzu einen beſtimmten Fall aus der Wirklichkeit wählen, welcher zugleich in anderer Hinſicht zur nützlichen Belehrung dienen kann. Unſere jetzige Anſicht von der Weltordnung beruhet hauptſächlich auf der von Kopernikus zuerſt ſtreng verfolgten Hypotheſe, daß nicht, wie es den Anſchein hat, die Sonne

[illegible] täglich um unsere Erde, sondern diese sich um ihre eigene Axe [illegible]drehend bewege. So viel Wahrscheinlichkeit die Ansicht des Ko[illegible]pernicus, namentlich für den gelehrten Astronom, auch haben [illegible]mag, so fehlte es doch sehr lange an einem Beweise, der eben so [illegible] den Gelehrten, als den gemeinen Mann von der Richtigkeit [illegible]ses Systems zu überzeugen im Stande wäre. Den ersten Vor[illegible]schlag zu einem solchen Beweise that 1697 Isaak Newton, [illegible]nachdem er gezeigt hatte, wie alle Bewegungen der Welten aus [illegible] Gesetze der allgemeinen Schwere (§. 81) abzuleiten sein. Es [illegible]stelle der um E beschriebene Kreis den Aequator unserer Erde vor, [illegible] AF einen 300 F. hohen Thurm; lässt man nun von der [illegible]oberen Spitze F dieses Thurmes ganz frei einen schweren Körper [illegible]herabfallen, so müsste dieser, wenn die Erde stillstände, genau am [illegible]Lothpunkte A unter F ankommen, sobald sich aber die Erde täglich [illegible] ihre Axe von Westen nach Osten — von A nach BCD — [illegible]bewegte, so müsste der schwere Körper dem Lothpunkte nach Osten [illegible]hin um 10 Linien vorausgeeilt sein. Denn da die Spitze des [illegible]Thurmes weiter vom Mittelpunkte der Erde entfernt ist, als der [illegible]Fuß desselben, so wird bei einer Umdrehung der Erde um ihre Axe [illegible] Spitze F einen größeren Weg als der Fuß A machen. [illegible]Der Körper bewegt sich aber schneller, welcher in derselben Zeit [illegible]einen größeren Weg zurücklegt, als der andere; folglich bringt auch [illegible]der von der Spitze F des Thurmes herabfallende schwere Körper [illegible]eine schnellere Bewegung nach Osten hin mit, als A besitzt. Be[illegible]wegt sich daher während des Falles die Thurmspitze von F nach G [illegible]und der darunter liegende Lothpunkt von A nach H, so wird der [illegible]schwere Körper nicht in H, sondern in K zur Erde kommen, wo[illegible]bei AK eben so groß ist als GF. Dieser Newtonische Vorschlag [illegible]gehörte mehr als 100 Jahre lang bloß den frommen Wünschen [illegible]an, zu dessen Ausführung wenig Hoffnung vorhanden war; endlich [illegible]brachte ein junger Italiener Guglielmini die Sache zum Ver[illegible]suche; er ließ zu Bologna in dem Thurme Asinelli schwere [illegible]Körper durch einen Fallraum von 241 F. fallen, und fand hierbei [illegible]eine wirkliche Abweichung von $7\frac{1}{2}$ Linien nach Osten, aber auch [illegible]zugleich eine Abweichung nach Süden um 5 Linien, welche der [illegible]Theorie ganz zuwider war. Später hat Benzenberg ein sehr [illegible]lebhaftes Interesse für diese Versuche bewiesen; zu Hamburg

auf dem Michaelisthurme, und in der Grafschaft Mark auf der alten Roßkunst zu Schleebusch stellte er 1802—3 Fallversuche an, welche die Abweichung nach Osten ganz genau bestätigten; wodurch dann auch die tägliche Umdrehung der Erde um ihre Axe ganz außer allem Zweifel gesetzt wurde. Diese Fallversuche zur Bestätigung der täglichen Umdrehung der Erde um ihre Axe sind endlich noch im Jahre 1831 von Reich auf den Dreibrüderschachte bei Freiberg aufs Neue wiederholt. Die Fallhöhe war 488 F. und das Resultat von 106 Versuchen gab eine Abweichung nach Osten von $12\frac{1}{4}$ Linien. Es war auch hier eine kleine Abweichung nach Süden wahrzunehmen, indeß betrug sie nur $1\frac{1}{2}$ Linien, und verlor sich daher ganz in der Möglichkeit der Fehler.

§. 203.

Wir wollen jetzt nur noch eine von den unzählig vielen Bewegungen schwerer Körper auf vorgeschriebenen Wegen in unsere Betrachtung ziehen, welche sich auch an das Vorhergehende anschließt, und ebenfalls recht mannigfache Anwendung im gewöhnlichen Leben findet. In A befinde sich ein Körper, welcher außer von seinem Gewichte noch von zwei anderen, aber gleichförmig wirkenden Kräften zur Bewegung getrieben wird. Von diesen beiden letzteren kann ihn die eine, wenn sie allein thätig wäre, in horizontaler Richtung während einer bestimmten Zeit von A bis B, und die andere kann ihn, wenn sie auch allein thätig wäre, in vertikaler Richtung während derselben Zeit von A bis J empor bewegen. Auf diese letzte wirkt, wie wir das oben (§. 198.) gesehen haben, die Schwerkraft fortwährend stärker verzögernd ein, bis der Körper in C, wo er nur halb bis J emporgekommen ist, schon alle seine Geschwindigkeit verloren hat. Da nun die Vereinigung der letzten beiden Kräfte den Körper bis C zu bewegen im Stande ist, und die dritte ihn in derselben Zeit bis nach B zu bewegen strebt, so muß er weder in C, noch in B, sondern in D dem Endpunkte der Diagonale des Parallelogramms ACDB der Kräfte (§. 76.) ankommen. Der Weg, den der Körper von A bis D durchläuft, ist wieder ein krummlinichter AGD, weil das horizontale Fortschreiten bei der Bewegung gleichförmig, aber das vertikale Emporsteigen sehr rasch abnehmend

, und nur aus der Zusammensetzung von Kräften, die gleichför-
ige Bewegung erzielen, eine geradlinichte Bahn entstehen kann. —
n D angekommen, hat der bewegende Körper alle Geschwindig-
it zum ferneren Steigen verloren; es wirken daher von D ab,
e horizontal forttreibende Kraft DE, und die vertikal hinabziehende
raft DB auf ihn gerade eben so, wie auf den Stein aus dem
astkorbe (§. 201.), woher es kommt, daß er in der krummli-
chten Bahn DHF wieder herabfällt. Der Weg DHF ist mit
GA bis auf die Lage vollkommen identisch, welcher Unterschied
oß aus dem Uebergange des anfangs verzögerten, später aber ganz
ch demselben Gesetze beschleunigten vertikalen Theiles der Bewe-
ng abzuleiten ist.

Denken wir uns auch hierbei die Richtung AC zu sich selbst
rallel mit eben so gleichförmiger horizontaler Bewegung fortgleiten,
ie der Körper ohne Einwirkung anderer Kräfte von A nach B
ch F bewegt angenommen worden ist, so wird der Körper bei
nem Steigen und Fallen nie aus der bewegten Richtung heraus-
ten. — Hieraus erklärt es sich auch leicht, warum man den
rtikal emporgeworfenen Körper auf einem gleichmäßig fortgleitenden
chiffe, Wagen, Pferde immer gerade über sich sieht, als bliebe
an ohne alle horizontale Bewegung ruhig auf demselben Platze
hen, und warum man das Ballfangen im vollen Laufe vornehmen
nn. — Daß die Kunstreiter bei ihren oft so großartigen Sprüngen
mer wieder auf den Rücken ihres Pferdes zurückkommen, ist haupt-
hlich nur eine Folge aus der Zusammensetzung der gleichmäßig
izontal forttreibenden Kraft des Pferdes, und der vertikal empor-
enden Muskelkraft des springenden Kunstreiters, in Verbindung
t der in ihm thätigen, gleichförmig verzögernden und beschleuni-
den Kraft der Schwere. Die eigentliche Kunst bei diesen Sprüngen
t vorzüglich in der die Muskelkraft benutzenden Gewandtheit des
nstlers, seinen Schwerpunkt zu unterstützen.

Neuntes Kapitel.

Von der Elasticität.

§. 204.

Wenn die Ursache zur Veränderung der Ausdehnung irgend

einer ſich ſonſt nicht ändernden Materie aufhört zu wirken, ſo zeigt ſich ein Beſtreben in dieſer Materie, die eben erlittene mechaniſche Veränderung wieder zu vernichten. Dieſes Beſtreben, oder auch ſchon die Veranlaſſung dazu, als Eigenſchaft der Materie gedacht, heißt Elaſticität.

§. 205.

Die Allgemeinheit dieſer Eigenſchaft läſſt ſich in Zweifel ziehen, beſonders deswegen, weil im gemeinen Leben ſehr häufig auch von unelaſtiſchen Stoffen die Rede iſt. Bei genauerer Prüfung zeigt ſich aber ſogleich, daß bloß der Sprachgebrauch nur ſolche Materien für elaſtiſch hält, in denen dieſe Eigenſchaft ſo hervorragend angetroffen wird, daß ſie ein Hauptmerkmal zur Unterſcheidung von anderen Stoffen abgeben kann, welche anderen dann zum bloßen Gegenſatze unelaſtiſch genannt werden. Andere wichtigere Bedenklichkeiten, welche ſich über die Allgemeinheit der Elaſticität noch vorbringen laſſen, werden weiter unten zur Sprache kommen wo wir uns ſchon auf eine etwas genauere Bekanntſchaft mit dieſer Eigenſchaft beziehen, und jene Zweifel nach Kräften beſeitigen können.

Von einem Balle, den wir durch ein ſtarkes Niederwerfen auf den feſten Boden zum Emporſpringen bewegen, ſagen wir, er ſei elaſtiſch, weil die Kraft, welche ihn zur Erde treibt, aber vom feſten Boden verhindert wird, die begonnene Bewegung weiter fortzuſetzen, nicht anders in Ruhe kommen kann, als daß ſie den Ball mit Gewalt gegen den Boden preſſt, und ihn dadurch in einen kleinen Raum zuſammendrückt, — und weil hierauf in der Materie des Balles das Beſtreben erweckt wird, die erlittene Verminderung der Ausdehnung wieder aufzuheben; es iſt alſo die Elaſticität eine von der Materie ſelbſt ausgehende zurückwirkende Kraft, welche eine entgegengeſetzte Bewegung entſtehen läſſt. Zieht man ein Streifchen Gummi elaſticum mit den Fingern aus einander, ſo fühlt man die Elaſticität, oder dies Beſtreben der Materie, ſich wieder in ihren vorigen kleineren Raum zurückzuziehen, und man ſieht, wie dieſem Beſtreben unmittelbar Folge geleiſtet wird, ſobald die auseinander ziehende Kraft der Finger aufhört zu wirken, und das Gummiſtreifchen ſich wieder ſelbſt überlaſſen iſt. Die Elaſticität einer Gerte erkennt man an der Kraft, mit welcher dieſer Körper wieder in ſeine urſprüngliche Form zurückſpringt, ſobald ſie gebogen worden

ist, und die biegende Kraft aufgehört hat zu wirken; die Veränderung der Ausdehnung liegt hierbei darin, daß in der gekrümmten Gestalt, welche der Gerte aufgedrungen wird, die materiellen Theile dieses Körpers auf der einen Seite näher zusammengedrückt, und auf der entgegengesetzten Seite mehr aus einander gedehnt werden. Eine gespannte Saite besitzt außer der Elasticität, welche dieselbe, dem Gummistreifchen ähnlich, schon bei dem Spannen in die Länge gezeigt hat, noch eine andere, die durch Vibrationsbewegung zu erkennen ist. Wenn nämlich die straffe Saite aus ihrer geradlinichten Lage gezogen wird, und sie dann auf einmal sich selbst überlassen ist, so geräth sie in Schwingungen, welche gemeiniglich mit einem Tone begleitet sind. Die Veränderung der Ausdehnung liegt in diesem Falle auch in einer Art Verlängerung der gespannten Saite durch die neue, von der geradlinichten abweichenden Lage. Das Entstehen der Vibrationen der Saite ist hier auf folgende Weise zu erklären möglich. Die Kraft der Elasticität, welche die abgelenkte Saite wieder in gerade Linie zu bringen strebt, kann dies nicht anders ausführen als durch Bewegung, und diese ist gerade in der mittleren geradlinichten Lage im besten Zuge; daher ist es nothwendig, daß die bewegende Kraft sich auf's Neue an der Elasticität der Saite versuche, wodurch in dieser nach der entgegengesetzten Seite ein Ablenken erfolgt, welches aus demselben Grunde, wie vorhin, ein Zurückspringen des elastischen Körpers zur Folge hat u. s. w. — Außer den drei eben zur Sprache gebrachten Elasticitäten, welche durch Druck, Zug und Beugung entstehen, gibt es noch eine vierte, die durch das Drehen fester Körper zum Vorschein kommt. Der Strick, welcher das Blatt der gemeinen Säge spannt, gibt uns dazu ein passendes Beispiel; denn das Holzstäbchen, womit die Spannung hervorgebracht wird, erlangt durch fortgesetzte Drehung ein immer größer werdendes Bestreben, sich wieder zurückzudrehen; ein Beweis, daß eben dieses Streben auch in dem Stricke rege gemacht wird. Die Veränderung der Ausdehnung liegt hier wieder in der Verlängerung der Fäden des Strickes, oder auch in der Verkürzung des Strickes selbst.

Um nun zu beweisen, daß die Elasticität eine solche Eigenschaft sei, welche ohne Ausnahme einer jeden Materie zukomme, so erinneren wir uns zunächst an die schon öfters erwähnte allge-

meine Eigenschaft der Wärme, welche zunehmend alle wägbaren Stoffe auszudehnen bestrebt ist, während dieselbe abnehmend sie Wiederzusammenziehen bewirkt. — Bei den festen Körpern läßt sich die Elasticität, mit geringer Ausnahme, auf folgende Weise durch Versuche darthun. Man hängt zwei gleichgroße Kugeln desselben Materials auf einerlei Weise an gleiche Fäden dicht neben einander auf, so daß sie sich eben berühren, entfernt sie hierauf beide, unter gleicher Spannung der Fäden, gleichweit vom gemeinschaftlichen Berührungspunkte, und läßt sie dann in demselben Augenblicke gegen einander fallen, so sieht man, wie die Kugeln nach dem Zusammentreffen sich gleichzeitig wieder zurückstoßen. Die Ursache von diesem Abstoßen liegt in der Elasticität der Materie; denn beide Kugeln werden bei dem ersten Zusammentreffen von gleichen Kräften an einander gedrückt, woraus unmittelbare Ruhe der Körper erfolgen müßte, wenn in ihren Materien nicht das Bestreben läge, die Veränderung, welche der Druck in der Ausdehnung der Kugel hervorbringt, wieder zu vernichten. — Für die Elasticität aller weichen und flüssigen Materien in der Natur lassen sich mehrere Gründe anführen, von denen wir nur diejenigen hier beibringen wollen, deren Wahrheit uns ohne weitere Versuche aus der unmittelbaren Erfahrung klar ist. Einmal wissen wir, daß sie um sich sprützen, wenn feste Körper mit Gewalt in sie hineingeworfen, gestoßen, geschlagen werden, oder, wenn sie selbst von einer nicht unbedeutenden Höhe auf ihre eigene Materie, oder auch auf andere festere herabfallen, oder geworfen werden. Für diese sprützende Bewegung läßt sich kein anderer Grund als die Elasticität angeben, welche sich auf ähnliche Weise thätig zeigt, wie bei dem zu Boden geworfenen Balle, wovon vorhin die Rede war. — Das sogenannte Jungfernwerfen gibt uns noch einen anderen Beweis für die Elasticität des Wassers; denn das dabei vorkommende Zurückprallen des Steinchens von der Oberfläche der Flüssigkeit hat seine Veranlassung in dem Bestreben des Wassers, den Druck, welchen der schräg auffallende Stein verursacht, durch einen Gegendruck wieder auszugleichen. Abgeschossene Kanonenkugeln machen oft einen Weg der aus mehreren Bögen zusammengesetzt ist, wobei das Zurückprallen der Kugeln von der Oberfläche der Erde überall erfolgt, sie mögen auf festen oder auf weichen Boden, ja selbst auf Wasser anschlagen. — Luft, Wärme und Licht werden von der Oberfläche fester und flüssiger

aterien mit denen sie zusammentreffen, zurückgeworfen, davon
en uns das Echo, die Hohl- und Planspiegel die überzeugend-
n Beweise; folglich können wir auch diesen Materien die Ei-
nschaft der Elasticität nicht absprechen. — Alle Gewächse an der Ober-
che unserer Erde sind elastisch; davon überzeugt uns das überall
bei wahrzunehmende Bestreben, den Bewegungen des Beugens ent-
gen zu arbeiten. — Haare, Haut, Muskeln, Sehnen, Knochen,
erhaupt alle Theile, woraus menschliche und thierische Körper zu-
mmengesetzt sind, besitzen so hervorragende Elasticität, daß sie selbst
i gemeinen Leben mit zu den elastischen Stoffen gezählt werden.

§. 206.

So wie wir uns nun im Allgemeinen überzeugt haben, daß
in allen drei Reichen der Natur keine Materie gibt, welcher Ela-
ität gänzlich fehlt, eben so läßt sich auch sehr leicht nachweisen,
ß es in der Natur keine vollkommen elastische Materien geben
m. Wäre ein solcher Stoff wirklich vorhanden, so müsste die
ere Kraft, welche eine jede mechanische Aenderung der Ausdehnung
vernichten geneigt ist, vollkommen zum erstrebten Ziele kommen
men, wofür sich aber kein Beispiel nachweisen läßt. Kautschouck
) Stahlfedern erhalten bei öfterem Auseinanderziehen oder Zusam-
ndrücken eine bleibende größere oder kleinere Ausdehnung; gespannte
rm- und Metallsaiten schwingen selbst im luftleeren Raume immer
: einige Sekunden lang, obgleich sie bei vollkommener Elasticität
aufhören sollten zu schwingen.

§. 207.

Die luftförmigen und tropfbaren Flüssigkeiten besitzen nur eine
seitige Elasticität, welche darin besteht, daß sie ein Be-
ben haben, bloß Verminderung der Ausdehnung wieder aufzuheben,
zwar aus dem Grunde, weil sie keine selbstständigen Gestalten
ehmen können, und die ersteren fortwährend geneigt sind, einen
ßeren Raum einzunehmen, während die anderen immer das-
be Volumen zu bewahren trachten. Man ist nun darin
rein gekommen, den Namen Elasticität vorzugsweise nur auf
terien zu beziehen, welche unabhängig von anderen in selbstständ-
n körperlichen Gestalten auftreten, während die Eigenschaft der
tarren, wonach diese das Bestreben haben, in einen immer grö-
n Raum überzugehen, Expansion oder Expansionskraft
annt werden soll; ferner pflegt man die Eigenschaft der tropf-

baren Flüssigkeiten — wonach diese das Bestreben haben, bei jeder veränderten Ausdehnung durch die Gestalt des Gefäßes, in dem sie sich befinden, immer dasselbe Volumen zu bewahren — mit dem Worte Volumenelasticität zu benennen; wovon man übrigens sehr oft abweicht, und den Namen Elasticität noch beibehält.

Die deutschen Namen Federkraft, Schnellkraft, Spannkraft werden auch oft für Elasticität gebraucht, aber gewöhnlich nur bei festen Körpern.

In der allgemeinen Eigenschaft der Elasticität liegen zugleich noch ein paar andere allgemeine Eigenschaften der Materie, nämlich die Ausdehnbarkeit und die Zusammendrückbarkeit aller Naturstoffe. Beide deuten auf die Möglichkeit zur Veränderung der Ausdehnung der Materie, wobei sich die erstere auf Vergrößerung und die andere auf eine Verkleinerung dieser Ausdehnung bezieht.

§. 208.

Die Elasticität ist für den Menschen eine höchst wichtige Eigenschaft der Natur, wovon man sich schon durch den Hinblick auf die Nützlichkeit solcher Stoffe überzeugt, welchen im gemeinen Leben vorzugsweise Elasticität zugestanden wird. Wie wohlthätig ist die Einrichtung in der Natur, daß bei Wind und Wetter das Getreide auf den Feldern und das Gras auf den Wiesen durch Elasticität vor dem Zerknicken bewahrt wird! Wenn wir bei heftigen Stürmen sehen, wie selbst die stärksten Bäume heftig erschüttert werden, und in starke Bewegung gerathen, — wenn wir auf hohen Gebäuden und Thürmen deutlich fühlen, wie diese Körper mächtig erbeben und hin und her schwanken, — so erkennen wir es als ein großes Glück für unseres Lebens Sicherheit, daß es diesen Körpern nicht an hinreichender Elasticität fehle, welche sie hauptsächlich vor dem Umsturz und Zertrümmern schützen kann. — Jede Leben verkündende körperliche Haltung und Bewegung ist so sehr durch Elasticität bedingt, daß sie sich ohne diese gar nicht denken läßt. Der leichte gefällige Anstand, Gang und Tanz eines wohlgeformten Menschen, — der Wuchs, das Muskelspiel, die Gewandtheit und Schnelligkeit eines schönen Pferdes — sind Eigenschaften, welche ein so offenes Gepräge der Elasticität in sich tragen, daß man sie mit keinem bezeichnenderen Namen zu benennen weiß. — Die

Handwerke, Künste und anderen Geschäfte der Menschen sind alle von der Elasticität abhängig, und es möchte sogar schwer fallen, irgend eine mechanische Thätigkeit der Menschen und Thiere herauszufinden, wobei diese Eigenschaft der Natur so sehr in den Hintergrund träte, daß man sie ganz vermissen könnte. Die Elasticität der Metalle ist die Hauptstütze aller Metallarbeiter. Die Gewebe der Weber, die Stricke und Schnüre der Seiler, die Nähte der Schuhmacher und Schneider verdanken ihre Brauchbarkeit und Haltbarkeit der Elasticität der Fäden. Böttticher, Tischler, Drechsler, überhaupt alle Holzarbeiter würden ihr Material ohne Elasticität nicht biegen, spannen, pressen und schrauben können. Es gibt keine Musik, wozu die Hauptveranlassung nicht in der Elasticität der Materie läge; ohne diese wichtige Eigenschaft der Natur hätten wir nicht einmal eine hörbare Sprache. Die ganze Welt wäre ohne Thätigkeit, ewig stumm und todt, sobald ihr Elasticität fehlte. — Die Elasticität ist die Hauptquelle aller großartigen Erfindungen; davon überzeugt man sich sogleich, wenn man bedenkt, welche Wichtigkeit hierbei die Elasticität der Stahlfedern, des entzündeten Pulvers, des erhitzten eingeschlossenen Dampfes, der zusammengepressten Luft und des Wassers einnimmt.

§. 209.

Um die Elasticität der Luft recht einfach durch einen Versuch darzuthun, so bedient man sich dazu gemeiniglich der Luftpumpe; da indeß hierbei von dieser Maschine nur das Pumpwerk eine Anwendung findet, und wir insofern dadurch wenig Neues lernen würden, so ist es rathsamer, ein anderes Instrument zur Sprache zu bringen, bei dem sich derselbe Versuch eben so einfach darstellen lässt, und zugleich noch Gelegenheit gibt, andere nützlichen Kenntnisse einzuerndten.

Die Mollet'sche Pumpe, oder das pneumatische Feuerzeug, besteht aus einem hohlen Cylinder AB, der aus Glas F. 60
oder Metall gearbeitet sein kann, dessen innere Wände besonders recht sorgfältig eben geschliffen und abpollirt sind; das verschlossene Ende B dieses ersten Theils von dem Apparate läuft in einen hölzernen Handgriff BD aus. In dem Inneren dieses Cylinders lässt sich, vermittelst eines mit BD ähnlichen Handgriffes aC, ein Stempel ab auf und nieder bewegen, dessen Kolben b, welcher dem der

Luftpumpe im verkleinerten Maße ähnlich ist, an dem unteren Ende einen kleinen Haken c besitzt, woran der Zunder befestigt wird, welcher durch diesen Apparat entzündet werden soll. Das hier beabsichtigte Experiment besteht nun darin, daß man den Stempel ab — nachdem der Kolben gehörig mit Oel bestrichen, theils um ein recht luftdichtes Anschließen an die inneren Wände an AB zu bewirken, theils aber auch um so viel als möglich Reibung am AB zu vermeiden — in den Cylinder AB mit Gewalt hineinpresst und ihn dann sich selbst überlässt. Die Folge hiervon wird sein, daß der Stempel ab sich ganz von selbst wieder aus AB herausdrängt, weil die in AB zusammengedrückte Luft, vermöge ihrer Elasticität, sich wieder mit eben der Kraft auszudehnen strebt, mit welcher sie zusammengepresst worden ist. — Wird nun das Hineinstoßen und Herausziehen des Stempels etwas rasch ausgeführt, so entzündet sich ein an c befindliches Stückchen Feuerschwamm. Denn die Luft, und jede andere Materie, wird durch ein schnelles Zusammenpressen in eben dem Maße stark erhitzt, als sie bei plötzlicher Ausdehnung in einen größeren Raum, nach einer vorhergegangenen Zusammenpressung, sich merklich abkühlt, wie wir dieses bei dem Pusten mit dem Blasebalge oder mit dem Munde längst in Erfahrung gebracht haben.

§. 210.

F. 61. Die sogenannten Cartesianischen Taucher oder Teufelchen geben uns einen eben so einfachen Beweis der Elasticität der Luft. Es gehört hierzu eine hohle gläserne Figur abcd, der man allerlei Gestalten zu geben pflegt, zuweilen sie sogar in der Gestalt des Teufels auftreten lässt. In dem Schwanze c eines solchen Männchens befindet sich eine feine Oeffnung, wodurch der innere, überall luftdicht verschlossene Raum allein mit dem Aeußeren communiciren kann. Durch vorsichtiges Erwärmen, und durch ein unmittelbar darauf folgendes Eintauchen in kaltes Wasser, treibt man nach und nach so viel Luft aus dem Inneren dieser Figur, und bringt dafür Wasser an den Platz, bis sie mit dem Wasser ziemlich gleiches specifisches Gewicht besitzt, und beim freien Schwimmen in dieser Flüssigkeit eben im Begriff ist, unter zu sinken. Dieses theilweise Anfüllen mit Wasser lässt sich auch dadurch möglich machen, daß man Wasser in den Mund nimmt, an c die Luft aus der Figur heraussaugt, und dafür wieder Wasser einsprützen lässt. So

rbereitet, wiegt der ganze Körper abcd faſt eben ſo viel, als s Waſſer, welches ſeinen ganzen Platz ausfüllen kann (§. 146.). kan bringt nun dieſe Figur in ein Glas voll Waſſer AB, von va 1½ Fuß Höhe und 3 bis 4 Zoll Weite, deſſen etwas große ündung mit einem Stück thieriſcher Blaſe überzogen und luftdicht rſchloſſen iſt. Drückt man dann auf die geſpannte Blaſe über , ſo ſieht man das Männchen ad ſchnell oder langſam, je nachdem e Kraft des Drucks angewandt worden iſt, hinabſteigen; läſſt man erauf die Hand wieder ab von A, ſo ſteigt der kleine Teufel wieder npor. Wenn bei dem Drucke auf A zugleich eine etwas drehende rtgleitende Bewegung mit der Hand vorgenommen wird, ſo dreht ch ad beim Niederſinken zugleich auch im Kreiſe herum. Ueber= upt hat man nach einiger Uebung die Kraft und die Art des rückens ſo genau in ſeiner Gewalt, daß ſich das Männchen, wie ſcheint, auf's Kommando ſenkt, hebt, dreht, ſtillſteht und man= erlei andere Manöver macht, womit beſonders in früherer Zeit e Gaukler ihre Zuſchauer beluſtigen und in Erſtaunen ſetzen nnten. — Zur Erklärung dieſes Verſuches muß man zuvörderſt emerken, daß bei dem Drucke auf A die Luft über dem Waſſer on AB in einen kleineren Raum zuſammen gepreſſt wird, wogegen e ſich, vermöge ihrer Elaſticität, ſträubt, und eben ſo ſtark wieder uf das Waſſer in AB drückt, wie ſie ſelbſt von der Hand ge= rückt wird. Das Waſſer hat, wie wir das weiter unten ſehen erden, gegen das Zuſammenpreſſen in einen kleineren Raum eine hr große, kaum zu überwindende Abneigung, daher ſucht es dem en erwähnten Drucke dadurch auszuweichen, daß es die in ad ab= ſperrte Luft ein wenig zuſammen preſſt, und einen Theil ſeiner lüſſigkeit an den gewonnenen Platz durch Einſprützen zu bringen ſtrebt iſt. Durch dieſen Zuwachs an Waſſer wird aber der Körper l ſchwerer, und dies ſpecifiſche Uebergewicht treibt ihn zu Boden. n dem Augenblicke, wo man hierauf in A mit dem Drucke auf= irt, wird auch die in ad ſo eben zuſammengepreſſte Luft, vermöge rer Elaſticität, ſich wieder auszudehnen beſtrebt ſein, und dieſem eſtreben kann nur dadurch ein Genüge geſchehen, daß das vorhin i dem Drucke auf A in ad hineingeſprützte Waſſer wieder eben herausgetrieben wird. Iſt dies geſchehen, ſo beſitzt der Körper l wieder ſein urſprüngliches ſpecifiſches Gewicht, folglich kann er

seinen alten Standpunkt oben in dem Glase wieder einnehmen. — Man überzeugt sich von der Richtigkeit dieser Erklärung durch einen umgekehrten Versuch. Die Oeffnung c wird zugeschmolzen, wenn der Körper ad das erforderliche spec. Gewicht erhalten hat; bringt man ihn nun in AB in's Wasser, so mag man noch so stark auf die Blase über A drücken, es wird ad immer oben unter A fest bleiben, und wenig oder gar nicht in die vorhin beschriebenen Bewegungen gebracht werden können. Wenn auch dennoch wirklich etwas Bewegung der Art zum Vorschein kommen sollte, so rührt dies daher, daß die ganze Figur ad von so dünnem elastischen Glas gearbeitet ist, daß ein Zusammendrücken des ganzen Körpers in einen kleineren Raum möglich werden kann, wodurch dann die Figur ad abermals ein specifisches Uebergewicht bekommt, und etwas im Wasser niedersinken muß.

§. 211.

Von Hero, einem alten Alexandrinischen Mathematiker, sind zwei höchst sinnreiche Apparate erfunden, wovon wir hier auch Einiges mittheilen können, weil ihre Wirksamkeit ebenfalls auf der durch Zusammenpressung der Luft erzeugten Elasticität beruhet.

f. 62. Die eine dieser Erfindungen ist der Heronsbrunnen. Er wird auf sehr verschiedene Weise konstruirt; die gewöhnlichste Form, in welcher er jetzt vorzukommen pflegt, besteht aus zwei, in einiger Entfernung über einander stehenden, cylindersörmigen Gefäßen A, B, welche vermittelst 3 bis 4 Säulen aneinander befestigt sind. Zwei von diesen Säulen sind zugleich Röhren, welche zur Verbindung zwischen den inneren Räumen von A, B dienen. Die eine dieser letztgenannten ab nimmt in dem tellerartig ausgehöhlten oberen Boden des Gefäßes A ihren Anfang, geht luft- und wasserdicht durch A, durch den oberen Boden von B hindurch, und endet im Inneren des Gefäßes B nahe an seiner Grundfläche. Die zweite Röhre cd beginnt in der Decke von B, geht durch die Grundfläche von A und endet in dem Inneren dieses Gefäßes nahe an seiner Decke. Aus der Mitte der tellerförmigen Vertiefung des oberen Bodens von A ragt eine Röhre ef hervor, welche eine sehr feine Mündung besitzt, und in dem Inneren von A beinahe bis auf den unteren Boden reicht. Diese Röhre läßt sich vermittelst eines Hahns öffnen und schließen. Denkt man nun noch hinzu, daß der

dere Boden von A und der untere von B noch etwas weite Oeffnungen f, h besitzen, welche vermittelst Schrauben luftdicht verschlossen werden können, so ist man mit dem in Rede stehenden Apparate der äußeren und inneren Einrichtung nach bekannt. Bei dem Gebrauche dieses Instrumentes öffnet man g und füllt A dadurch ziemlich ganz voll Wasser; nachdem hierauf g gehörig wieder verschlossen, gießt man in den Teller von A etwas Wasser, und öffnet dann den Hahn von ef, so springt aus dieser Röhre ein schöner Wasserstrahl hervor, der nicht eher wieder nachläßt zu fließen, als bis aus A alles Wasser verbraucht worden ist. — Wenn das Wasser, welches auf den Deckel von A geschüttet worden, zum Theil durch ab hinabfällt, so wird dadurch die in B, cd A befindliche abgesperrte Luft in einen kleineren Raum zusammengedrückt. Die hierdurch in der Luft erregte Elasticität äußert sich dahin, den früheren größeren Raum wieder einzunehmen. Wird nun f geöffnet, so gibt das in A befindliche Wasser dem im Inneren dieses Gefäßes entstandenen stärkeren Luftdruck dadurch nach, daß es durch ef in die nicht so stark drückende Atmosphäre emporsteigt.

Im Jahre 1753 hat Höll zu Schemnitz eine Anwendung im Großen von dem Heronsbrunnen gemacht, um damit das Grubenwasser aus den dortigen Bergwerken zu entfernen.

§. 212.

Zu dem Heronsball, der zweiten jener oben erwähnten Erfindungen, gehört eine gewöhnlich kugelförmig gestaltete Glas- F.
flasche AB, mit einem etwas breiten Fuße B zum sicheren Aufstellen des ganzen Apparats. Der Hals dieses Gefäßes ist in eine Messinghülse c gefasst, in welche sich ein Aufsatz abd schrauben läßt. Dieser Aufsatz ist durchbohrt, und das Bohrloch läßt sich vermittelst eines Hahns b öffnen und schließen. Nach Unten hin läuft dieser Aufsatz in eine Röhre dd aus, welche ziemlich bis auf den Boden von AB hinabreicht, während derselbe nach Oben hin in a eine sehr feine Oeffnung besitzt. Will man dieses physikalische Geräth gebrauchen, so schraubt man zunächst den Aufsatz ab mit der Röhre cd, ab und füllt dann das Gefäß AB etwa zur Hälfte mit Wasser an. Nachdem hierauf der Aufsatz abd wieder auf c geschraubt worden ist, öffnet man den Hahn b, bläst in a, so

lange es möglich ist, noch mehr Luft in die Flasche AB, und schließt mitten im Blasen b wieder zu, theils um neue Luft zum Blasen zu schöpfen, theils um sich nicht besprützen zu lassen. Wird dann b geöffnet, so fährt das Wasser aus a heraus, wie bei einer Fontaine. Durch das Hineinblasen in a ist nämlich die Luft in AB um ein Bedeutendes vermehrt, ohne daß ihr zugleich ein größerer Platz zu ihrem Aufenthalte eingeräumt worden wäre. Die Folge hiervon wird also sein, daß die in AB abgesperrte Luft viel stärker zusammengepreßt ist, als die freie Atmosphäre, woher es denn kommt, daß das bei dem Oeffnen des Hahns b der Ausdehnung der elastischen inneren Luft hinderliche Wasser in ab stärker hinauf, als von der atmosphärischen Luft niedergedrückt wird, und mithin aus a herausspritzen muß.

Zuweilen ist das eben beschriebene Instrument auch so eingerichtet, daß die Spitze a sich ebenfalls noch vom Absatze abd abschrauben, und an deren Platz eine Pumpe bringen läßt, zu einem noch kräftigeren Zusammenpressen der Luft in AB. Ist in diesem Falle AB aus recht starkem Material gearbeitet, so läßt sich die Luft darin so gewaltig comprimiren, daß der Wasserstrahl aus a zu einer Höhe von 30 Fuß emporsteigen kann. — In dieser Art trifft der Heronsball ziemlich genau mit einer Windbüchse zusammen.

§. 213.

F. 64. Wenn man bei dem Hineinblasen in den Heronsball versäumt hat, den Hahn zur gehörigen Zeit zu schließen, so wird man vom Wasser besprützt. Dieser übereilte Gebrauch des Heronsballs hat eine neue Erfindung veranlasst, welche den Namen Verirbrunnen führt. Es gehört dazu eine blecherne Flasche A, welche in B vermittelst eines Stöpsels verschlossen werden kann. Durch die obere Fläche dieser Flasche gehen zwei Röhren ab, cd luftdicht hindurch, und reichen im Inneren von A beinahe bis auf den Boden. Die eine von diesen Röhren, cd, ist an ihrer nach Außen gekehrten Mündung bedeutend enger, als die andere ab. Das Gefäß A wird mit Wasser ziemlich vollgefüllt, in B luftdicht verkorkt, und dann irgend Jemandem, den man zu veriren gedenkt, mit der Bemerkung hingereicht, daß, wenn er recht stark in a hineinbliese, aus c ein feiner Wasserstrahl von mehreren Fuß Länge

herausſprützen würde. Bei dem Hineinblaſen in a zeigt ſich ſogleich der Waſſerſtrahl aus c; indem nun der Bläſer hierüber ſeine Verwunderung ausdrücken will, und ganz ſorglos den Mund von a abläſſt, ſo hört der Waſſerſtrahl aus c auf, und es kommt ihm ganz unerwartet ein anderer Strom aus a über den Leib. Die Erklärung hiervon fällt ganz mit der des Heronsballes zuſammen, bis auf das zuletzt genannte Herausſprützen des Waſſers aus a, welches daher kommt, daß das in A von der zuſammengepreſſten Luft gedrückte Waſſer aus der weiten Röhre ab ſchneller entweichen kann, als aus der engen cd.

§. 214.

Die wichtigſte praktiſche Anwendung, welche man von den beiden Erfindungen Hero's gemacht hat, iſt die ſogenannte Feuer- F. 6
ſprütze. Es gehört hierzu ein auf Rädern ruhender, waſſerdichter Kaſten AB, in deſſen Mitte der Windkeſſel lm angebracht iſt, der luftdicht durch ſeinen oberen Deckel hindurch geleitet, eine Röhre hik beſitzt, die beinahe bis auf den Boden von lm reicht, und außerhalb ſich mehrere Fuß über AB erhebt, wo ſie an zwei Stellen p, q ſo drehbar iſt, daß ſie ohne große Mühe nach jeder Weltgegend und Höhe hin bewegt werden kann. An beiden Seiten des Windkeſſels lm befindet ſich eine Pumpe ab, welche mit jenem vermittelſt einer Röhre f in Verbindung ſteht. Die Stempel cd dieſer beiden Pumpen werden durch einen um E drehbaren Hebebaum CED auf und nieder bewegt. In dem unteren Boden eines jeden Stiefels iſt ein Ventil angebracht, welches ſich öffnet, wenn durch die Oeffnung e Waſſer in den Siefel hineindringen will, dagegen ſich ſchließt, wenn das in ab abgeſperrte Waſſer, vom Kolben c gedrückt, wieder aus e zu entweichen ſtrebt. Jede der Communicationsröhren f, f zwiſchen den Stiefeln ab und dem Windkeſſel lm, beſitzt an der Mündung g ein ähnliches Ventil, welches dem in den Windkeſſel hineinſtrömenden Waſſer den freien Durchgang gewährt, dagegen ſich ſchließt, wenn das Waſſer umgekehrt aus dem Windkeſſel wieder in die Pumpe zurückkehren will. Bei dem Gebrauche dieſer Maſchine wird der Waſſerkaſten AB mit Waſſer gefüllt, zu welchem Zwecke in dem oberen Boden dieſes Kaſtens paſſende Oeffnungen angebracht ſind. Dieſes Waſſer umgibt Stiefel und Windkeſſel. Wird nun der Hebebaum CED in D und C auf und nieder bewegt, ſo heben

und senken sich auch die Kolben der Wasserpumpen. Bei [illegible] jeden solchen Hebung wird die drückende Atmosphäre über [illegible] Kolben emporgehoben, folglich ist das Wasser dicht unter dem [illegible] ganz ohne atmosphärischen Druck, während es übrigens in AB [illegible] vollen Druck der Atmosphäre auszuhalten hat. Daher kommt [illegible] denn, daß das Wasser, dem emporgehobenen Kolben nachzufolgen [illegible] eifrigst bestrebt ist. Das Ventil an e öffnet sich, weil es [illegible] solchen Strome des Wassers nicht hinderlich sein kann. Bei jed[illegible] Senkung des Kolbens wird aber das Wasser im Stiefel ab [illegible] wie von der freien Atmosphäre gedrückt, daher sucht es eine [illegible] genheit zum Entweichen nach einem Platze hin, wo es weniger [illegible] starken Druck zu erleiden hat. Durch e ist dies Entweichen nicht [illegible] möglich, daher steht nur noch der einzige Ausweg in den Windk[illegible] kessel offen, welcher auch sogleich benutzt wird. Aus dem Windkessel [illegible] kann durch die Röhren f, f nie wieder Wasser in die Stiefel zu[illegible] rückkommen, daher sammelt sich in lm diese Flüssigkeit immer mehr [illegible] an, dabei muß sie aber zugleich die in lm abgesperrte Luft immer [illegible] stärker und stärker zusammenpressen und bei dieser die Elasticität [illegible] anregen, nämlich das Streben der Luft, ihre vorige größere Aus[illegible] dehnung wieder zu gewinnen. Wird dann hik geöffnet, so erleidet das Wasser in dieser Röhre keinen so starken Druck von Oben nach Unten von der freien atmosphärischen Luft, als von Unten nach Oben von der inneren, starkauseinandertreibenden, abgesperrten Luft im Windkessel, daher muß es aus dieser Röhre herausströmen. Um die Spannung der Luft im Windkessel möglichst stark werden zu lassen, so verschließt der Sprützenlenker die Mündung k immer erst einige Augenblicke, während das Spiel der Pumpen im vollen Gange ist, bis er an der verschließenden Hand einen starken Andrang des inneren Wassers empfindet.

§. 215.

F. 61. Jetzt mögen auch einige Beispiele über die Expansionskraft der Luft und Dämpfe hier Platz finden.

Die kleine Figur ad in dem Glase AB wollen wir uns mal schwerer als das Wasser denken; dies kommt zuweilen durch einen häufigen Gebrauch des Apparats, zuweilen aber auch zufällig oder absichtlich dadurch, daß man ihren hohlen Leib etwas mehr, als nöthig ist, mit Wasser anfüllt. Wird nun das bei A ganz offene

iß AB mit dem zu Boden gesunkenen Teufel unter die Glocke Luftpumpe gebracht, so sieht man, bei dem Entfernen der aus dem Recipienten, wie die kleine Figur ad sich allmählig er erhebt, und zuletzt sogar bis an die Oberfläche des Wassers rkommt. Das Wasser in AB wird nämlich in dem luftleeren me des Recipienten nicht so stark gedrückt, wie in der freien osphäre. Das Bischen in ad abgesperrte Luft wird daher auch so stark von dem Wasser in AB zusammengepreßt, und es sich in ihm die Expansionskraft, welche etwas von dem in ad dlichen Wasser durch die Oeffnung c in das Gefäß AB hin- rückt, wodurch bewirkt wird, daß der ganze Körper ad wieder ïsch leichter als Wasser ist, und in AB emporsteigen kann. — man das zu schwere Teufelchen in eine trockne Schale unter Glocke einer Luftpumpe, so überzeugt man sich, bei dem Aus- pen der Luft aus dem Recipienten, von dem Ansammeln der tigkeit in der Schale, wie die in ad eingeschlossene Luft ein eben äußert, einen größeren Raum einzunehmen, wozu der im pienten stark verminderte Druck eine günstige Gelegenheit gibt. Aus den eben angeführten Gründen wird auch der Heronsball, em die innere abgesperrte Luft nicht verdichtet worden ist, unter von Luft befreiten Recipienten das eingeschlossene Wasser rspringen lassen.

§. 216.

Zu dieser Klasse von Versuchen gehört auch der sogenannte nkü fer oder Bachus auf der Tonne. Dieser Apparat F. 66.
t aus einem Heronsballe in der Gestalt eines Weinfasses AB, Röhre ef in den Mund einer mit Zeug bekleideten mensch- Figur CD reicht, und hier im Inneren von CD, unter der idung versteckt, mit einer möglichst von Luft gereinigten Blase Verbindung steht. Das Gefäß AB ist bis hk gewöhnlich einer roth gefärbten Flüssigkeit angefüllt. Die ganze Vorrichtung auf den Teller einer Luftpumpe gestellt und mit einem Reci- en überdeckt. Pumpt man nun aus dem letztern die Luft, eigt die Flüssigkeit aus AB durch die Röhre ef bis in die g, und es sieht gerade aus, als wenn die Figur CD aus Fasse AB vermittelst der Röhre ef trinkt. Fährt man eine lang mit dem Auspumpen der Luft aus dem Recipienten

fort, so wird der Trinker immer dicker und dicker, weil die Blase immer mehr Flüssigkeit in sich aufnehmen muß, und zum Theil auch die wenige, darin noch zurückgebliebene Luft eine günstige Gelegenheit bekommt, sich in einen größeren Raum auszudehnen. Die Erklärung von diesem Versuche liegt ganz in §. 215.

Der Act des wirklichen Trinkens bei lebenden Geschöpfen ist von dem eben kennen gelernten sehr verschieden. Obgleich der erste Anschein auf eine große Aehnlichkeit und Uebereinstimmung schließen läßt. Will z. B. ein lebender Mensch CD vermittelst einer Röhre ef aus dem Fasse AB trinken, so ist es vor Allem erst nothwendig, daß die Luft in AB mit der freien Atmosphäre communicirt, welche vorhin gerade nicht sein durfte; darauf wird mit dem Munde die Luft aus der Röhre ef herausgesogen und durch die Nase entfernt. Da nun hierdurch die in ef und dem Munde befindliche verdünnte Luft nicht mehr so stark auf die Flüssigkeit in ef hinabdrücken kann, wie die freie Luft auf hk und in ef von Unten hinauf, so ist nothwendige Folge, daß die Flüssigkeit emporsteigen und zum Munde gelangen muß. — Das Trinken aus Gläsern und Flaschen, das Rauchen beruht auf ähnlichen Gründen. — Mit verschlossener Nase kann man beim Trinken nicht ohne große Beschwerlichkeit mehrere Züge hinter einander thun, weil in diesem Falle die eingesogene Luft nur durch die Luftröhre aus dem Munde entfernt wird, und, bei der Wiederholung des Einathmens in die Lungen, auch sehr leicht etwas von der getrunkenen Flüssigkeit mit in die Luftröhre kommen kann, welches gemeiniglich zu heftigem Husten reizt. — Das Trinken aus einer Flasche macht es nothwendig, daß man mit dem Munde nicht die ganze Oeffnung der Flasche verschließt, weil sonst von der eingeschlossenen Flüssigkeit in der Flasche der atmospärische Druck abgehalten ist, der sich dann mit aller Gewalt außen auf den saugenden Mund wirft, und diesen in den Hals der Flasche hineindrückt, — und weil es den Backenmuskeln sehr bald an der erforderlichen Kraft gebricht, im Inneren des Mundes einen luftleeren Raum zu erzeugen und zu erhalten, der bei jedem Zuge des Trinkens auf's Neue erforderlich ist.

§. 217.

F. 67. Es gibt eine Art unterbrochener Heber, welche zur Aufklärung der Expansionskraft der Luft als ein sehr interessantes

Beispiel anzusehen ist, und daher wohl verdient, hier etwas näher betrachtet zu werden. Ein cylindrisches Glas AB ist an der Seite A mit einer messingenen Fassung luftdicht verschlossen, welche letztere zugleich noch einen Ring besitzt, woran sich der ganze Apparat aufhängen lässt; an der anderen Seite ist dieses Glas mit einem messingernen Reif umgeben, in welchen ein Boden von eben diesem Metalle luftdicht hineingeschraubt werden kann. Mit diesem Boden stehen zwei Röhren ab, cd in fester Verbindung, wovon die kürzere ab mit dem oberen Ende a etwas in das Glas AB hineinragt, und hier in eine sehr feine Oeffnung ausmündet; die längere Röhre cd geht auch durch den Boden, bleibt dann aber ganz außerhalb des Cylinders AB. Nachdem nun dieser Boden abgeschraubt und das Gefäß AB etwas mit Wasser angefüllt worden ist, wird er wieder an seinen Platz gebracht, die ganze Vorrichtung, während die Oeffnung d mit dem Finger verschlossen gehalten, aufgerichtet und mit zwei Gläsern C und D verbunden, so daß die Mündung b der kürzeren Röhre in C unter Wasser taucht, hingegen die Mündung d der längeren Röhre bloß über dem leeren Glase D gelegen ist. Hierauf wird d geöffnet, und nun sieht man bei a einen schönen Wasserstrahl hoch emporsteigen, während aus d diese Flüssigkeit in D abfließt. Der ganze Versuch dauert so lange, als die Mündung b der kürzeren Röhre ab sich nicht mehr unter Wasser befindet. Will man daher dieses schöne Schauspiel recht lange genießen, so muß C entweder ein recht viel Wasser fassendes Glas sein, oder man muß nicht versäumen, zuweilen neues Wasser zu dem abnehmenden in C hinzuzuschütten. — Solange die Oeffnung d verschlossen war, blieb die Luft in AB eben so dicht, wie die freie Atmosphäre; daher wurde das Wasser in der Röhre ab eben so stark von a nach b hinab, wie in b nach a hinaufgedrückt, und es war keine Ursache zum Emporsteigen des Wassers in ab vorhanden. Sobald man aber d geöffnet hat, so wird ein Theil des in AB befindlichen Wassers vermöge seiner Schwere durch cd abfließen, wodurch in AB ein größerer Raum ohne Zuwachs an neuer Luft entsteht, mithin muß auf diese Weise die Luft in AB weniger dicht geworden sein, als sie vorher war, oder als die freie Luft. Die auf die Oberfläche des Wassers in C drückende Atmosphäre bekommt nun eine Gele-

genheit, ihre Expansionskraft zu äußern, indem sie in ab das Wa… stärker hinaufpressen kann, als es von der minder dichten Luft … AB von a nach b hinabgedrückt wird. Daher das Emporsteig… der Flüssigkeit aus a. Ferner hat das Wasser in cd von d nach … hinauf einen eben so starken Andrang der Luft zu ertragen, … die Kraft, mit welcher das Wasser in ab von b nach a empo… trieben, eine Größe besitzt. Wäre daher die Wassersäule in c… nicht größer als in ab, oder ragte sie nicht tiefer hinab, so fin… in cd kein Uebergewicht des Drucks nach Unten, mithin auch kei… Abfließen des Wassers aus d und eben so wenig ein Emporsteig… dieser Flüssigkeit aus a zu erwarten sein.

Füllt man AB und die damit verbundenen Röhren ab, … in einer dazu passenden Lage ganz voll Wasser, verschließt zum … Theil hierbei, zum Theil auch bei dem Emporrichten des Appar… die Oeffnungen b, d mit der Hand, bis wieder wie vorhin b unt… Wasser taucht, so zeigt sich ohne die geringste Luft in AB noch beständ… Abfließen aus d, und dies erklärt sich daher, daß der Druck … äußeren Luft in ba und dc hinauf wohl gleich groß ist, auch … Wasser in dem ganzen Apparate — von dem oberen Wasserspie… des Gefäßes C bis zu e, dem Niveau davon — mit gleich… Schwerkraft hinabgedrückt wird, daß aber der Druck von der Wa… sersäule cd nach Unten, verbunden mit der Kohäsion dieser Flüssigkeit, ein Uebergewicht erzeuge, welches das Herausfließen aus d veranlassen muß. Nimmt man von der Röhre cd das Stück cd hinweg, so hört das Herausfließen auf. Bringt man den ganzen Apparat unter die Glocke einer Luftpumpe und entfernt den Druck der Luft, so hört ebenfalls das Herausfließen auf, weil die Kraft, welche vorhin das Wasser in ba und dc empordrückte, hier ganz fehlt. — Man sieht leicht, wenn AB ganz mit Wasser gefüllt ist, daß der ganze Apparat einer ununterbrochenen Röhre nicht unähnlich ist, und daß das Herausfließen aus d auch noch Statt finden müsse, wenn bacd eine einzige zusammenhängende und mit Wasser angefüllte Röhre ausmacht; in diesem Falle erhält der Apparat den einfachen Namen Heber. — Ein solcher Heber wird im gemeinen Leben sehr oft gebraucht, um Flüssigkeiten aus einem Fasse auf ein anderes zu verzapfen. Hiervon kann man sich sehr leicht eine Vorstellung verschaffen, sobald man sich denkt, daß C und D Fässer sind.

§. 218.

Die Expansionskraft der Luft wird ganz besonders durch den Einfluß der Wärme stark erhöhet. Hiervon gibt uns zunächst der Heronsball ein Beispiel. Wird nämlich dieser mit warmem Wasser übergossen, so springt der Wasserstrahl eben so lebhaft empor, als wenn man die abgeschlossene Luft durch Hineinblasen verdichtet, oder umgekehrt, die umgebende Luft unter der Glocke einer Luftpumpe stark verdünnt hätte (§. 112.).

Wenn Bier und Weinflaschen aus dem Keller in die warme Stube gebracht werden, so wird durch die gesteigerte Temperatur die Expansion der Luft in den Flaschen so stark, daß der Kork von der Flasche getrieben wird, und nicht selten die ganzen Flaschen davon zertrümmert werden.

§. 219.

Der feurige Heronsball ist gemeiniglich aus starkem F. 68
Metalle, zuweilen auch wohl aus dickem Glase gearbeitet. Eine Kugel A, deren Mündung in eine Röhre BC ausläuft, passt mit dieser letzteren in die röhrenartige Hülse F eines Fußgestelles FE. Oben, in der Nähe der Kugel A, communiciren mit BC noch ein paar Seitenröhren ab, welche im Vergleich zu der Weite von BC sehr eng sind. An den äußeren Enden hat man diese Röhren ab etwas gekrümmt, theils um ihre Mündung nach Oben zu richten, theils aber auch, damit sie besser in ein paar Schälchen D hineingelassen, welche mit dem Fußgestelle durch Stützen verbunden sind, und zugleich auch die Stützen von ABC ausmachen. Soll nun dieser Apparat gebraucht werden, so nimmt man das flaschenartige Gefäß ABC aus dem Fußgestelle FE heraus, füllt es mit Weingeist ziemlich voll, und stellt es, nachdem die Oeffnung C fest verkorkt worden ist, wieder wie vorhin, in das Fußgestell FE. Die Schälchen D werden dann auch noch mit etwas Weingeist angefüllt und dieser angezündet. Hat nun die Flamme aus den Schälchen D einige Augenblicke die Kugel A umspielt, so springt aus den Oeffnungen bb der Spiritus hervor, und steigt entzündet zu beiden Seiten der Kugel A in feurigen Bögen hoch empor. — Bei der in A abgesperrten Luft und durch die daselbst entwickelten Weingeistdünste wird nämlich die Expansionskraft durch die äußere erwärmende Spiritusflamme allmählig sehr stark angeregt, so daß

der zweiten fg Sicherheitsventil. — Der Aufsatz B wird aus ab herausgenommen, der Kessel A etwa halb voll Wasser und d ziemlich ganz voll Queckſilber gefüllt. Iſt hierauf B wieder feſt in ab hineingeſchraubt, und der Deckel h ſo weit auf gf hinabgebracht, daß die darunter ſitzende Feder mit mäßiger Kraft gegen den vorhin erwähnten Kegel drückt, ſo wird der Keſſel A dem Feuer ausgeſetzt. Die Wirkung dieſes Elements erkennt man ſogleich an dem Steigen des Queckſilbers in dem Thermometer, und ſpäter in der Barometerröhre. Die Urſache von dieſen beiden ähnlichen Erſcheinungen iſt aber verſchieden. Das Steigen des Thermometers e, deſſen Kugel von einer ſtarken metallenen Hülſe umgeben iſt, um das Zuſammenpreſſen durch den Druck des Dampfes abzuwehren, bewirkt die ausdehnende Kraft der Hitze im Keſſel, — während das Steigen des Queckſilbers in der Barometerröhre durch die Expanſionskraft des Dampfes hervorgerufen wird, welcher überall zu entweichen ſtrebt, und in dieſem Beſtreben das Queckſilber in dem Gefäße d hinabdrückt und aus der Röhre dc herauszupreſſen trachtet. — Wäre das Sicherheitsventil nicht da, und beſäße der Keſſel die gehörige Stärke, ſo würde auch zuletzt das Queckſilber aus c herausgedrängt werden. Iſt aber die Spannung der Dämpfe etwas herangewachſen, ſo wird davon der Kegel aus gf empor gehoben, und ein Theil der Dämpfe kann durch die Bohrlöcher des Deckels h entweichen, und das Steigen des Queckſilbers in dc hört auf; ein Beweis, daß auch die Expanſion der Dämpfe nicht geſteigert wird, ſobald dieſe Gelegenheit zum Entweichen bekommen. Schraubt man hierauf h wiederum etwas näher auf gf hinab, ſo daß das Kegelventil durch die vergrößerte Federkraft auf's Neue geſchloſſen iſt, ſo zeigt ſich auch augenblicklich wieder ein Höherſteigen des Queckſilbers in dc, woraus man auch auf ein Zunehmen der Expenſionskraft des Dampfes ſchließen kann. Dieſe Spannkraft des Dampfes wird bald wieder ſoweit geſteigert ſein, bis ſie das Ventil abermals öffnen kann. So läſſt ſich durch wiederholtes Schließen des Ventils die Expanſion des Dampfes immer höher und höher ſteigern, und nach dem Stande des emporgehobenen Queckſilbers in dc abmeſſen, wozu eine daneben angebrachte Skale dient. Außer der emporgehobenen Queckſilberſäule muß die Spannkraft des

Dampfes auch noch den Druck der Atmosphäre mit tragen und überwinden, denn die Röhre dc ist oben in c offen, und also dem Drucke der freien Luft ausgesetzt. Da nun dieser letzte Theil des Druckes von einem gewöhnlichen, im Freien hängenden Barometer angezeigt wird, so lässt sich bei jedem am Thermometer e abzulesenden Hitzegrade des Dampfes auch der Grad der Expansionskraft derselben nach atmospärischem Drucke bestimmen. Wäre z. B. die Höhe der Queckſilbersäule in cd halb so hoch, als im frei aufgehängten Barometer, so darf man von der Kraft des Dampfes sagen, daß sie $1\frac{1}{2}$ Atmosphären, oder $1\frac{1}{2}$ mal so kräftig als der atmosphärische Druck sei. — Mit Hülfe eines solchen Instruments wird die Grenze der Haltbarkeit eines neuen Dampfkessels abprobirt, und bei dem gewöhnlichen Gebrauche einer Dampfmaschine die Größe der Kraft des Dampfes gemessen.

Einige erklärende Worte über Thermometer und Barometer.

§. 222.

Es war in dem vorhergehenden Paragraphen zum ersten Male von zweien sehr häufig in Anwendung gebrachten physikalischen Ge- F. 71.
räthschaften die Rede, welche unter den Namen Thermometer und Barometer allgemein bekannt sind; wir wollen die hier dargebotene Gelegenheit nicht unbenutzt vorübergehen lassen, und versuchen, eine kurze Beschreibung und Erklärung davon zu geben.

Die Erfindung des Thermometers wird Cornelius Drebbel zugeschrieben, einem 1572 im Bauernstande geborenen Nordholländer, der sich aber durch seinen so ungewöhnlich ausgezeichneten Geist zu einer sehr bedeutenden wissenschaftlichen Höhe emporgeschwungen hatte. Die jetzige Einrichtung dieses Instrumentes besteht aus einer Glasröhre ab, welche an dem einen Ende in eine Kugel b ausläuft. Gewöhnlich ist diese Röhre mit Queckſilber gefüllt, ausnahmsweise und besonders da, wo keine sehr große Genauigkeit verlangt wird, auch wohl mit gefärbtem Weingeiste, und zwar so gefüllt, und in a zugeschmolzen, daß darin bei gewöhnlicher Wärme der freien Luft auch noch ein beträchtlicher Theil der Röhre unangefüllt und ganz von Luft befreiet ist.

Die Unterlage AB, worauf diese Thermometerröhre befestigt

ist, bestehet aus trocknem dichten Holze, aus Metall, Glas, überhaupt aus einem Material, welches nicht so leicht dem Werfen und Verwittern ausgesetzt ist. Außerdem sieht man auf der Unterlage AB auch noch eine Skale neben der Röhre fortlaufen, deren Eintheilung auf folgende Weise bestimmt wird: Die Kugel b umgibt man mit geschabtem, eben im Schmelzen begriffenen Eise, merkt sich den Punkt, bis zu welchem die in ab befindliche Materie hinabsinkt, und bezeichnet diesen sogenannten Gefrierpunkt mit 0; darauf taucht man die Kugel b in siedendes Wasser, wodurch sich die Flüssigkeit in ab bis zu dem sogenannten Siedepunkte ausdehnt, und merkt sich auch diesen Punkt genau. Der Abstand zwischen dem bei jedem Thermometer als unveränderlich anzusehenden Gefrier- und Siedepunkte des Wassers theilt man auf drei verschiedene Weise in gleiche Theile, Grade, wodurch dann auch eben so viele Arten von diesem Instrumente entstanden sind. Die Eintheilung dieses Fundamentalabstandes besteht nach Reaumür aus 80, nach Fahrenheit aus 180 und nach Celsius aus 100 gleichen Graden. Der Nullpunkt der ersten und dritten Art fällt zusammen, dagegen steht er bei dem Fahrenheitschen Thermometer 32 seiner Grade tiefer, so daß der Gefrierpunkt dieses Instrumentes schon 32 und der Siedepunkt 212 Grade zählt. Die Erfahrung lehrt uns nun, daß bei jeder merklichen Veränderung der Wärme, welche ab erleidet, sich auch der Stand der Flüssigkeit in ab merklich ändert, so daß man auch umgekehrt aus dem Steigen der Flüssigkeit in ab auf ein Zunehmen und aus dem Fallen derselben auf ein Abnehmen der Wärme schließen kann. Der Grund hiervon liegt in dem Fundamentalgesetze der Wärme, alle Materien mehr auszudehnen oder mehr zusammenzuziehen, je nachdem sie im Zunehmen oder Abnehmen begriffen ist. Die Grade unter Null nach Reaumür und Celsius werden negativ bezeichnet, weil man sich hinzudenkt, daß jede tiefere Temparatur, als die des gefrierenden Wassers noch Wärme empfangen muß, um dieser gleich zu werden.

Merkwürdig ist noch, daß in England die Thermometer nach dem Deutschen, Fahrenheit, — in Frankreich nach dem Schweden, Celsius, — in Deutschland nach dem Franzosen Reaumür, am gebräuchlichsten sind.

§. 223.

Das Barometer kommt zuweilen auch noch unter dem von seinem ersten Erfinder herrührenden Namen »Torricellianische Röhre« vor (§. 186.). Auf einer vertikalen hölzernen Unterlage AB von trocknem dichten Holze ist eine mit Queckſilber faſt ganz gefüllte 30 bis 32 Zoll lange Glasröhre abc befeſtigt, welche oben zugeſchmolzen, unten aber offen iſt, und emporgebogen in ein offenes kugelartiges Gefäß c ausläuft. Von dem Queckſilberſpiegel e etwa 27 Zoll entfernt, wird oben eine Skale de angebracht, welche zwei Zoll lang und in Zolle und Linien eingetheilt iſt. Vermittelſt eines auf einem über die Skale fortlaufenden Drahte verſchiebbaren Zeigers läſſt ſich der Stand des Queckſilbers in ab von der einen Zeit mit dem einer andern Zeit vergleichen. Die Röhre abc wird dadurch gefüllt, daß man etwas Queckſilber in die Kugel c gießt, und das Ende A der Röhre ſanft nach Unten kehrt, damit ſich das flüſſige Metall in a anſammeln und hier alle Luft verdrängen kann. Darauf wird wieder eine neue Quantität Queckſilber in c hineingethan und aufs Neue in ba hinablaufen laſſen, und ſo fortgefahren, bis ab ganz und noch ein Theil von c zuſammenhängend mit Queckſilber angefüllt iſt. Die hierauf noch an den Seitenwänden der Röhre anhängenden und zwiſchen dem Queckſilber abgeſperrten Lufttheilchen werden gemeiniglich durch vorſichtiges ſtarkes Erwärmen und Aufſieden des Queckſilbers in der Röhre und über Kohlenfeuer nach und nach entfernt. Iſt dieſes geſchehen, und ab auf AB, wie oben bemerkt, befeſtigt, ſo richtet man das Inſtrument zur vertikalen Lage empor, beſtimmt die Entfernung der Skale de von dem Queckſilberſpiegel in c und das Inſtrument iſt zu dem gewöhnlichen Gebrauche fertig. — Die Frage, warum eine ſo lange Queckſilberſäule in ab nur eine ſo kurze, wie in bc, das Gleichgewicht halten kann, iſt bei dem erſten genaueren Anblicke dieſes phyſikaliſchen Werkzeuges die natürlichſte. Ihre Beantwortung beruhet auf der Eigenſchaft der Expanſivkraft der Luft. Denken wir uns aus c auch wie in ab die Luft entfernt, und den Arm bc lang genug, ſo wäre es nothwendig, daß das Queckſilber in bc eben ſo hoch ſtände, als in ba. Stellen wir uns nun vor, daß hierauf der Röhrenzweig bc oben geöffnet würde, ſo erhält dadurch die benachbarte freie Luft Gelgenheit, einen leeren

F. 72

Raum über bc in der Röhre auszufüllen, und beſitzt zugleich das Beſtreben, ſich auch des leeren Raumes über dem Queckſilber in ba zu bemächtigen, welches aber nicht unmittelbar möglich iſt, weil das Queckſilber dazu keinen Durchgang geſtattet; dagegen treibt ſie das Queckſilber in ab ſo weit empor, bis der Gegendruck, von der Schwere dieſes Metalls veranlaſſt, der Expanſion der Luft das Gleichgewicht hält. Man kann alſo ſagen, daß die Atmoſphäre eben ſo ſtark auf die Oberfläche des Queckſilbers in c drückt, wie das Gewicht einer vertikalen Queckſilberſäule, deſſen Grundfläche die Oberfläche des Queckſilbers in c und deſſen Höhe mit dem Stande dieſes Metalls in ab übereinſtimmt. — Dieſes Inſtrument wird nun im gemeinen Leben als Wetterprophet gebraucht, woher es auch den Namen Wetterglas erhalten hat. Bei einer genauen Beobachtung des Barometers und dem Vergleichen ſeiner Bewegung mit der Veränderung des Wetters findet man nämlich, daß es bei dem Sinken des Queckſilbers bald darauf regnichtes oder windiges Wetter werde, daß dagegen ein Steigen des Queckſilbers mit einem nachfolgenden guten Wetter in Verbindung ſtehe. Wir wollen hiervon eine einfache Erklärung geben, und zwar von dem Zuſammenhange zwiſchen dem Fallen des Barometers und der Veränderung des Wetters, weil das Umgekehrte von ſelbſt folgen muß, ſobald das erſte nicht Statt hat.

Das Entſtehen des Regnens erklärt man gemeiniglich aus dem Zerplatzen der Dunſtbläschen, woraus die Wolken zuſammengeſetzt ſind, und aus dem Verwandeln derſelben zu tropfbarer in der Luft niederſinkender Flüſſigkeit. Es läſſt ſich nun durch einen Verſuch des berühmten Leibnitz nachweiſen, daß bei dem Niederſinken ſchwerer Körper in leichteren Flüſſigkeiten, dieſe letzteren dadurch keine Vermehrung des Druckes erleiden. Wenn alſo in den oberen Regionen unſerer Atmoſphäre Wolken in tropfbare niederſinkende Flüſſigkeit, in Regen, verwandelt worden ſind, ſo muß die unter jenen Wolken befindliche Luft um das Gewicht dieſer Wolken weniger ſtark zuſammengepreſſt werden, daher entſteht eine geringere Expanſionskraft der Luft und mithin auch das Sinken des Queckſilbers im Barometer. Auf ähnliche Weiſe erklärt ſich auch das Fallen des Queckſilbers in dem Wetterglaſe, wenn windiges Wetter darauf folgt. Man kann ſich nämlich vorſtellen, daß dann an einem an-

en von der Beobachtung entfernten Orte ein Regenwetter entsteht,
› daß durch das Ausfüllen der durch das Verschwinden der Wolken
ſtandenen großen leeren Räume in den umliegenden Gegenden
oberen Region der Atmoſphäre eine ſtarke Strömung der Luft,
ı heißt ein Wind, nach jenem Platze hin entſtehen müſſe. Dieſe
ränderungen der Atmoſphäre, welche in einem Wegführen der
ren Luftſchichten beſtehen, müſſen ebenfalls eine Verminderung
Luftdrucks und ein Sinken des Barometers zur Folge haben.
ı hierbei vorkommenden Bewegungen ſind ohne einen Aufwand
ı Zeit nicht denkbar, daher iſt auch zu erklären, warum das
:tterglas Regen und Wind vorher anzeigen kann. — Die Ur=
)en zum Steigen und Fallen des Barometers ſind aber ſehr
ıfig noch ganz anderer Art, wie hier beiſpielsweiſe angenommen
rden, von denen aber nicht gut weiter die Rede ſein darf; übri=
s genügt es für unſern Zweck, nur eine einfache ungefähre Ein=
t von der Möglichkeit des Zuſammenhangs zwiſchen den Verän=
ıngen des Barometers und denen des Wetters zu erlangen.

Die Dampfmaſchine.

§. 224.

Die größten Verdienſte um die für den praktiſchen Gebrauch
kmäßige Einrichtung unſerer jetzigen Dampfmaſchinen gehören
reitig dem weltberühmten Schotten James Watt, nach dem F. 73.
Maſchinen auch mit Recht den Namen führen.

Der weſentlichſte Beſtandtheil einer jeden Dampfmaſchine iſt
Dampfkeſſel A, woran ſich die unmittelbar damit verbundenen
richtungen zu ſeiner Heizung, Speiſung und Sicherſtellung vor
Zerplatzen, wie Theile zum Ganzen, anſchließen. Der äußeren
kalt nach iſt dieſer Keſſel cylinderröhrenförmig, wie die Figur es
kellt, wobei das Feuer zum Theil außerhalb, zum Theil inner=
› der Höhlung der Röhre zleichzeitig zur Heizung beitragen kann.
wird auf dieſe Weiſe bei einer bedeutenden Erſparung an Feuer=
erial zugleich mit geringer Waſſermenge eine große Quantität
mpf entwickelt, welches in den meiſten Fällen hauptſächlich be=
kt wird. Man hat nämlich gefunden, daß die in einem Keſſel

entwickelte Dampfmenge immer im Verhältniß stehe zu der Bodenfläche, welche dem Feuer ausgesetzt ist. Das Material dieses Kessels ist sehr starkes Eisenblech bis auf die vordere und hintere Grundfläche, welche gemeiniglich aus Gusseisen bestehen. Er ist eingemauert in einen Ofen, welcher unmittelbar unter dem Kessel in E den Heerd, und als Fortsetzung der Röhrenhöhlung einen sehr hohen Schornstein C besitzt. In B ist eine große, aber fest verschließbare Oeffnung, das sogenannte Mannsloch des Kessels, wodurch dieser mit Wasser gefüllt, und durch einen hineinsteigenden Mann gereinigt und ausgebessert werden kann. Eine zweite Oeffnung a steht mit dem Sicherheitsventile in Verbindung; sie ist nämlich sehr sorgfältig kegelförmig ausgebohrt; ein genau hineinpassender Kegel kann vermittelst der um den festen Punkt b drehbare Hebelstange bcd herausgehoben und luftdicht hineingedrückt werden. Auf bd ist ein verschiebbares Gewichtsstück, ein Laufgewicht, wie bei der Schnellwage (§. 77.) angebracht, womit das Kegelventil an der Stange ca nach Belieben mehr oder weniger fest verschlossen werden kann. An der einen Seite ragen aus dem Kessel zwei mit Hähnen versehene feine Röhren q, q' hervor, welche im Inneren desselben in verschiedenen Höhen ausmünden, und dazu dienen, die Höhe des Wasserstandes in A zu controliren; es reicht daher die obere Röhre q nicht ganz so tief in den Kessel, wie man denselben mit Wasser angefüllt wünscht, welches gewöhnlich bis zur Hälfte geschieht, während man die andere Röhre q' etwas unter den beabsichtigten Wasserspiegel hinabtragen läßt; bei dem Oeffnen des Hahns q der oberen Röhre muß daher der Dampf entweichen, und bei dem der unteren q' Wasser. Vermittelst des Dampfrohres D wird der Dampf aus dem Kessel bis zu der später zu beschreibenden Dampfkammer geleitet; und durch die feine unter dem Dampfrohre fortlaufende Röhre F wird mit Hülfe einer von der Maschine selbst bewegten Pumpe dem Kessel Wasser zugeführt; sie heißt das Wasserrohr zum Speisen der Maschine.

§. 225.

Der Regulator besteht zunächst aus einer vertikalen Eisenstange HH, die in ihren Endpunkten so unterstützt ist, daß sie sich leicht um ihre eigene Axe drehen kann. In der oberen Spitze H ist ein in seinen Ecken mit Charnieren versehenes Parallelogramm

befeſtigt, von welchem letztern die beiden oben in H ſich durchſchneidenden Seiten an ihren Verlängerungen nach Unten ſchwere Metallkugeln PP tragen, während die anderen beiden ſich in i ſchneidenden Seiten an einer auf HH verſchiebbaren Hülſe ii befeſtigt ſind. Mit dieſer Hülſe ſteht ein Ring h ſo in Verbindung, daß beide wie ein Ganzes über HH ſich auf und nieder bewegen können, dabei aber ii für ſich allein um HH leicht drehbar iſt. Von dem Ringe h läuft ein in g unterſtützter Winkelhebel hgf aus, der in ſeinem anderen Endpunkte f vermittelſt einer Stange fe mit dem Querriegel Ge eines Hahns G, der das Dampfrohr D öffnet und ſchließt, verbunden iſt, ſo daß, wenn ii ſich emporzieht, der Winkelhebel hgf mit ſeiner Verbindung feG durch Drehung des Hahnes G das Dampfrohr D verſchließt, dagegen umgekehrt das Dampfrohr öffnet, wenn ii niederſinkt. — Denken wir uns nun, daß die Maſchine ſelbſt den Regulator HHPP in drehende Bewegung bringt, ſo werden die Kugeln PP bei dem Umſchwunge ein Beſtreben haben, ſich mehr von HH zu entfernen, welches Beſtreben um ſo größer ausfällt, je raſcher die Drehung um HH ausgeführt wird. Geht daher die Maſchine im ſtarken Gange, ſo heben ſich PP und mit ihnen ii; folglich wird der Dampf durch G in dem Keſſel abgeſperrt, und die Maſchine erhält keinen neuen Zuſchuß an bewegender Kraft; ſie muß daher langſamer und langſamer gehen, und mithin auch HH ſich langſamer drehen; hierdurch verlieren auch PP an ihrer Schwungkraft und nähern ſich allmählig der Stange HH wieder; weil aber mit dem Sinken der Kugeln PP auch zugleich die Hülſe ii ſich hinabſchiebt; ſo wird hierdurch der Winkelhebel hgf und das damit verbundene Geſtänge ſo bewegt, daß der Hahn G das Dampfrohr D öffnet, und ein neuer Theil des Dampfes aus dem Keſſel in die Maſchine gelangen kann. Der Regulator dient alſo dazu, die Dampfkraft, mit welcher die Maſchine getrieben werden ſoll, zu regeln, ſo daß nie zu viel und zu wenig Dampf zum Treiben der Maſchine verbraucht werde.

Durch das Dampfrohr D und den vom Regulator bewegten Hahn G gelangt der Dampf in die Dampfkammer JJ, welche auf gar mancherlei Weiſe mit Ventilen und Hähnen verſehen iſt, um von hieraus den Dampf in den Cylinder KK, den Haupt-

quell aller Bewegung, zu führen; wir wollen uns hier auf die einfachste Einrichtung, auf das Schieberventil, welches am häufigsten bei Dampfwagen in Anwendung gebracht wird, beziehen. In k nimmt der zwischen den vertikalen Seitenwänden der Dampfkammer, mit Hülfe einer Stange nn und einer später noch zu beschreibenden besonderen Steurung verschiebbare, vorn offene Kasten oko, d. i. das Schieberventil, den aus dem Dampfrohre kommenden Dampf in sich auf, und führt denselben, während seiner Bewegung, auf und nieder, bald durch die Oeffnung l oben, bald durch die Oeffnung m unten in den Cylinder KK hinein. Eine mehrmals gebogene Röhre MM bildet eine Art Fortsetzung der Dampfkammer JJ sie liegt in einem, fortwährend mit kaltem Wasser angefüllten, Behälter NN, damit der in dieser Röhre sich ansammelnde verbrauchte Dampf abgekühlt und wieder in tropfbare Flüssigkeit verwandelt werde. Diese gewundene Röhre und überhaupt der ganze Abkühlungsapparat heißt Condensator.

§. 226.

Der Cylinder KK übernimmt ein ähnliches Geschäft, wie der Stiefel bei der Luftpumpe (§. 42.), so wie der Kolben O mit der Stange QQ ganz an den Platz des Stempels tritt. Uebrigens ist dieser Cylinder bis auf die Oeffnungen l, m überall luftdicht verschlossen, selbst die Stange QQ bewegt sich luftdicht in einer Stopfbüchse (§. 187.) durch den oberen Boden des Cylinders KK. Wird nun durch das Schieberventil (§. 225.) der Dampf durch die obere Oeffnung l über den Kolben O gebracht, so treibt er vermittelst seiner Expansionskraft diesen Kolben in dem Cylinder hinab, und zieht die Stange QQ mit sich hinunter; während der Zeit hat die Maschine den Schieber oko auch hinabgezogen, so daß der Dampf nun durch die untere Oeffnung m unter den Kolben drückt, und ihn wieder emporzuheben strebt; hierbei kann der über O vorhin thätige Dampf nicht hinderlich sein, weil ihm durch die Dampfkammer JJ um das Schieberventil herum ein Ausgang zu dem Condensator MM gestattet ist. Bei dem Emporsteigen des Kolbens O ist auch die Stange QQ wieder emporgeschoben, und hat dadurch der Maschine eine solche Bewegung gegeben, daß auch das Schieberventil oko wieder in seine obere Stellung gekommen

und die eben beschriebene Bewegung auf's Neue Statt haben
n; hierbei ist dann eben so wenig der unter O zuletzt thätige
mpf hinderlich, weil ihm durch die Dampfkammer um das
ieberventil herum ein Ausgang zum Condensator MM offen
t.

§. 227.

Die Bewegung der Kolbenstange QQ setzt den Balancier,
n um seinen unterstützten Mittelpunkt S leicht beweglichen
eren Balken TSR, zugleich mit in Bewegung. Die Stange QQ
aber mit dem Balancier nicht unmittelbar, sondern höchst sinnreich
mittelst eines in seinen vier Winkelspitzen beweglichen Paralle-
gramms verbunden, wovon 2 Winkelspitzen an TR befe-
t, die dritte an QQ, die vierte p aber von einer, um ihre Endpunkte
bbaren, an einem Stützpfeiler befestigten Stange pp so gelenkt
d, daß QQ immer in vertikaler Lage bleibt. Die Hauptbenut-
g der auf und niedergehenden Bewegung des Balanciers besteht
der Seite T in der Umdrehung eines großen schweren Rades
W des Schwungrades, vermittelst der Stange TU und der
mit verbundenen Kurbel UV. Von der drehenden Bewegung des
hwungrades werden dann auf ähnliche Weise, wie von dem
asserrade einer Mühle die Räderwerke irgend einer andern Ma-
ne in Bewegung gesetzt. —

Die jetzt noch übrigen Vorrichtungen der Dampfmaschine die-
n hauptsächlich nur zur Erhaltung der Maschine in einem selbst-
ndigen von menschlicher Hülfe so viel als möglich unabhängigen
nge.

§. 228.

Die Schubstange, eine gemeiniglich in Form der Zeich-
ng ausgeführte Vorrichtung aus Gußeisen XXX, wird an ihrem
en Ende durch eine excentrisch an der Welle V des Schwung-
es WW befindliche Kreisscheibe VZ so in Bewegung gesetzt, daß
e Scheibe sich zugleich in der Peripherie eines in XX offenen
fenden Kreise umdreht, wodurch mithin der Mittelpunkt von dieser
ripherie und auch die ganze Schubstange XX bald vor, bald zurück-
egt wird. In dem von der Axe V entfernsten Endpunkte X
d diese Schubstange mit einem um die feste Stütze r drehbaren

Winkelhebel Xrn verbunden, welcher letztere selbst wieder mit der Stange n des Schieberventils in Verbindung steht, so daß bei dem Vor- und Zurückschieben des Endpunktes X zugleich auch n in einer Stopfbüchse und oko in der Dampfkammer auf und nieder bewegt wird.

§. 229.

Um die Welle V des Schwungrades, und um die beiden Rollen Y, H geht straff angezogen ein starker Riemen ohne Ende, so daß eben so, wie WW in starken oder geringen Umschwung gesetzt worden ist, auch HH mit in schnellere oder langsamere Umdrehung gebracht wird, eine Bewegung, wie sie nach §. 225 in den Funktionen des Regulators HH liegt. — Soll nun die Maschine, nachdem die Dämpfe im Kessel die erforderliche Spannkraft erhalten haben, in Bewegung gesetzt werden, so bringt der eine Maschinenwärter das Schwungrad ein wenig in Bewegung, während er selbst, oder ein anderer die Schubstange XX einlegt in den Winkelhebel nrX; in demselben Augenblicke bewegt sich dadurch auch der Schieber oko in der Dampfkammer JJ, welcher das Spiel des Kolben in der Dampfpumpe KK in Bewegung setzt, wodurch dann alles sogleich in voller Thätigkeit ist, und erhalten wird. Will man die Maschine zum Stillstehen bringen, so wird die Schubstange von dem Winkelhebel Xrn abgenommen, wonach zunächst dieser stillsteht, und mithin auch das Schieberventil oko, so daß der von hieraus auf den Kolben drückende Dampf sich bloß auf eine Seite des Kolbens wirft, denselben mit seiner ganzen Kraft an irgend eine Grundfläche drückt, und ihn so zum Stillstehen zwingt, wodurch die Bewegung der ganzen Maschine aufhört.

§. 230.

Von dem Balancier werden nun noch drei Wasserpumpen in Bewegung gesetzt. Die Kolbenstange u gehört zu einer mit dem Condensatorrohre MM in genauer Verbindung stehenden Warmwasser- oder auch sogenannten Luftpumpe, welche das in dem Condensator durch Abkühlung der Dämpfe niedergeschlagene Wasser mit Hülfe eines im Kolben dieser Pumpe angebrachten Ventils — welches das Wasser von Unten nach Oben wohl durch den Kolben hindurch, aber nicht wieder zurückkommen läßt — empor-

›t, ſo daß es aus w in den Behälter BB fließen kann. — e Kolbenſtange t gehört zu einer Druckpumpe, wie wir ſie :n bei der Sprütze (§. 214.) haben kennen gelernt; ſie nimmt s in BB ſich anſammelnde warme Waſſer durch ein Ventil in) auf, und drückt es, wie bei der Sprütze in den Windkeſſel, :r durch die Speiſeröhre FF in den Dampfkeſſel A; zugleich iſt ch ein Hahn x unten an dieſer Pumpe angebracht, welcher die :rbindung der Pumpe mit dem Keſſel abſchneiden kann, und zu- ich ſo eingerichtet iſt, daß das Waſſer aus der Pumpe wieder BB zurückgedrückt wird. — Die Stange s gehört ebenfalls einer Druckpumpe, welche in einen Brunnen A hinabreicht und s ganz kalte Waſſer in der Röhre vv dem Abkühlungsbehälter N des Condenſators MM zuführt. Das überflüſſige Waſſer in N wird durch eine Abflußröhre zz dem Brunnen A wieder zu- führt.

§. 231.

Der Condenſator (§. 225.) iſt bei den meiſten Maſchinen ıf ſehr verſchiedene Weiſe eingerichtet. Statt der gewundenen :öhre MM bedient man ſich ſehr oft eines ziemlich weiten cylinder- :tigen Behälters, welcher außer, daß er beſtändig von kaltem Waſſer mgeben iſt, noch eine mit dieſer Flüſſigkeit communicirende feine :öhre beſitzt, wodurch, mit Hülfe einer dazu paſſend eingerichteten ›umpe, ab und zu Einſprützungen von kaltem Waſſer möglich ge- ıacht werden können. Es iſt nämlich eine bekannte Eigenſchaft :r Dämpfe, daß ſie in Berührung mit kalten Materien ſich au- nblicklich zu tropfbarflüſſiger Materie zuſammenziehen, und ihre rpanſion faſt gänzlich verlieren. Das Beſchlagen der Fenſter im Zinter, oder das Blindwerden der in dieſer Jahreszeit aus der ältе in die warme Stube getragenen Gläſer, Taſſen, Metallgeſchirre ıd Beweis für dieſe wichtige Eigenſchaft der Dämpfe. — Bei elen Dampfmaſchinen, z. B. bei den Lokomotiven, fehlt der Con- nſator und die beiden durch ihn veranlaſſten Waſſerpumpen, deren ›lbenſtangen u und s ſind, ganz; in einem ſolchen Falle werden : verbrauchten Dämpfe in den Rauchfang geleitet, wodurch auf m Feuerheerd der Zug bedeutend vermehrt wird, und der Rauch- ng kaum nur noch 8 bis 10 Fuß Höhe zu beſitzen braucht, hrend er vorhin wohl 50 Fuß haben muſſte.

§. 232.

Die meiſten Dampfmaſchinen ſind jetzt **doppeltwirkend**, worunter man verſteht, daß der Kolben in der Pumpe nicht bloß auf einer Seite, ſondern, wie wir es oben (§. 226.) geſehen haben, abwechſelnd auf beiden Seiten von dem Dampfe gedrückt und bewegt wird. Bei einer **einfach** wirkenden Maſchine wird ein und derſelbe Raum, etwa der über den Kolben, abwechſelnd mit Dampf angefüllt, und gleich darauf wieder dampf- und luftleer gemacht. In dieſem Falle wirkt der Dampfdruck nicht ſtärker als der Druck einer einfachen Atmoſphäre.

Die Dampfmaſchinen werden auf folgende Weiſe eingetheilt in drei Klaſſen:

Zu der erſten Klaſſe gehören die Maſchinen mit Condenſator, deren Dampfkraft $1\frac{1}{2}$ Atmoſphären nicht überſteigen. Man pflegt ſie ihrem erſten Erfinder zur Ehre »Wattſche Maſchinen« zu nennen, allgemeiner heißen ſie aber **Maſchinen von niederem Drucke**.

Die der zweiten Klaſſe werden mit dem Namen **Expanſionsmaſchinen** belegt; ſie verwenden einen Dampf von höherer Kraft als die der erſten, der aber nicht fortwährend, ſondern nur ſtoßweiſe in den Cylinder eintritt, wodurch der noch nicht verbrauchte Dampf jedesmal Zeit gewinnt, ſich auf's Neue zu ſtärken, während der verbrauchte ſich in einen größeren Raum auszudehnen und ſchwächer werden kann, ehe er in den Condenſator übergeht.

Hochdruckmaſchinen bilden die dritte Klaſſe. Hierbei beſitzt der bewegende Dampf ununterbrochen eine bedeutend höhere Expanſionskraft, wie bei der erſten Klaſſe, und obgleich er ſowohl in Abſätzen, als auch ohne Aufhören in den Cylinder hineingehen kann, ſo entweicht er doch, nachdem er gebraucht worden, ohne condenſirt zu werden, durch den Rauchfang (§. 231.) oder auf eine andere Weiſe.

Jede dieſer 3 Klaſſen hat ihre beſonderen Vorzüge. Wenn es bei der Wattſchen Maſchine beſonders zu rühmen, daß ſie in Hinſicht der längeren Haltbarkeit ſich vor den beiden anderen auszeichnet, ſo iſt es bei der Expanſionsmaſchine nicht weniger zu loben daß ſie am wenigſten Brennmaterial verbraucht, ſo wie eine Hoch

druckmaschine dadurch anzupreisen ist, daß sie den kleinsten Raum einnimmt, und wegen ihrer großen Einfachheit sich auch am billigsten herstellen läßt.

§. 233.

Bei den Dampfmaschinen, wo der Kessel selbst bewegt wird, wie bei Dampfwagen und Dampfschiffen, muß man dem Sicherheitsventil eine von der oben (§. 224.) beschriebene abweichende Einrichtung geben. Der um a in vertikaler Richtung drehbare einarmige Hebel abc reicht in b vermittelst einer Stange bd in einen Trichter A des Dampfkessels; dieser Trichter läuft in seiner unteren Spitze kegelartig offen in das Innere des Kessels, so daß der an d befestigte Kegel diese Oeffnung, wie früher (§. 224.) bemerkt, genau verschließen kann. Dieses Verschließen geschieht nun aber nicht, wie oben gesagt, mit einem Laufgewichte, weil ein solches bei der Erschütterung des Kessels nicht im Stande wäre, einen festen Platz zu bewahren, — sondern mit Hülfe einer elastischen Feder. In dem Endpunkte c des Hebels abc ist nämlich eine um c drehbare Stange ch angebracht, welche geläufig durch eine im Cylinder ef an seiner oberen Decke e befestigte, schraubenförmig gewundene starke Stahlfeder hindurch geleitet worden, aus welcher Feder sie aber, wegen eines dickeren Knopfes, nicht wieder zurück kann, sondern bei dem Bestreben dazu die Feder zusammenpressen und die Elasticität derselben in eben dem Maße vergrößeren muß, in welcher sie frei zu werden angetrieben wird. Der Cylinder ef läßt sich mit einer durch seinen dicken Boden hindurchgeführten Schraubenmutter an einer senkrecht vom Kessel ausgehenden Schraube g bald mehr, bald weniger tief hinabschrauben, je nachdem die am entgegengesetzten Ende e angebrachte Feder stärker gespannt, und mit Hülfe dieser Spannung und des Hebels abc das Kegelventil d fester, oder schwächer verschlossen werden soll. F.74

§. 234.

Außer dem einen, in §. 224., §. 233. beschriebenen Sicherheitsventile des Dampfkessels, befindet sich sehr häufig noch ein anderes daran, aber unter starkem Verschusse, damit es von keinem der bei der Maschine angestellten Arbeiter weder durch Unvorsichtigkeit noch durch Muthwillen zu einer übermäßigen Spannung der

Dämpfe missbraucht werden kann. Dieses zweite Ventil hat meistens eine in §. 221. zur Sprache gebrachte Einrichtung, wobei dann der dort erwähnte Deckel h nur mit einem genau passenden Schraubenschlüssel bewegt werden kann.

Eine Explosion des Dampfkessels kann schreckliche Verwüstungen anrichten, daher sucht man auch auf alle nur mögliche Weise dieser Gefahr vorzubeugen. Ein solches Unglück erwächst zuweilen aus einer zu geringen Quantität Wasser im Kessel, weil dadurch der Dampf in so raschem Maße sich ansammelt, und mithin auch an Expansion so schnell zunimmt, daß die Sicherheitsventile nicht mehr im Stande sein können, die überflüssigen Dämpfe in eben dem Verhältnisse abzuführen. Zur Verhütung eines solchen gefährlichen Falles dienen zum Theil die Probierhähne (§. 224.); außerdem hat man aber noch in der Kesselfläche unter dem Spiegel des im Kesselraume durchaus erforderlichen Wassers mehrere ziemlich große Oeffnungen mit Blei luftdicht verlöthet. Ist nun das Wasser bis unter diese Löthstellen aus dem Kessel verschwunden, wo die vorhin erwähnte Gefahr eintreten könnte, so wird zugleich der Kessel so stark erhitzt, daß das jetzt nicht mehr vom Wasser bespühlte Blei anfängt zu schmelzen, wodurch also die größeren Oeffnungen zum Abziehen der gefährlichen Dämpfe frei werden. Der Kessel ist dann freilich auf einige Zeit dadurch unbrauchbar gemacht worden, indeß ohne Unglücksfall, und er läßt sich auch recht bald und ohne große Kosten wieder herstellen.

Der Dampfwagen.

§. 235.

Unter den vielen glücklichen praktischen Anwendungen der Dampfmaschine verdient unstreitig die bei den Eisenbahnen vorkommende zu den gelungensten gezählt zu werden. Das lebhafte Interesse, welches jetzt Handel und Wandel an der Einrichtung und Benutzung der Eisenbahnen nimmt, fordert uns auf, und die Einfachheit der Konstruktion der Dampfwagen macht es uns möglich, diesen Gegenstand mit einigen erklärenden Worten zu berühren.

Der Dampfkessel A ist ein Cylinder von 6 bis 7 Fuß

ige, und etwa halb so großer Weite. An dem einen Ende er-
t sich ein Rauchfang B, in welchen 80 bis 100 kupferne,
h wohl messingerne Röhren einmünden, die durch die untere
lfte des Kessels hindurchgehen, wie es in nebenstehender Figur ein
tikaler Durchschnitt besonders CC darstellt. An dem anderen Ende
Kessels ist der Feuerkasten D; dieser besteht aus einem
reckigen, in seinem hohlen Umfange wasserdichten Ringe von eben
n Material und eben der Weite, wie der Kessel, wobei aber
parallelen Seitenwände, welche die Höhlung des Ringes be-
ızen, nur höchstens 2 Zoll von einander abstehen; die Länge
es Ringes ist etwa 3 Fuß, und seine Lage nur halb so hoch,
die des Kessels A, so daß seine obere horizontale Fläche zu einem
t passenden Platze für den stehenden Maschinenlenker dienen kann.
eine Querwand dieses Ringes, die nöthig ist, um ihn zu einem
ken zu formen, bildet zum Theil die hintere Kreisfläche des
sels, zum Theil eine Erweiterung derselben; die gegenüberliegende
nd ist wie ein Ofen mit Thür und Zugloch versehen, um den Heerd,
im Innern dieses Kastens ist, mit Material zur Feurung und
Zugluft versorgen zu können. In der nebenstehenden Figur
t DD den vertikalen Durchschnitt dieses Kastens vor. Bei dem
brauche ist der hohle Ring dieses Feuerkastens, so wie die Hälfte
Kessels A, mit Wasser angefüllt; der dünne Wasserkranz, welcher
auf diese Weise um ein starkes Steinkohlenfeuer herumzieht,
d sehr rasch zum Sieden gebracht; als erwärmte und zum Theil
n in Dampf verwandelte Flüssigkeit steigt das Wasser durch eine
n oberen Boden des Kastens ausgehende Röhre aa in den wasser-
en Raum des Kessels, dafür strömt durch die Röhre b, welche
ı dem unteren mit Wasser angefüllten Raume des Kessels A in
ı unteren Boden des Feuerkastens führt, wieder kälteres Wasser
h. Trägt nun schon eine solche Circulation zwischen warmem
d kaltem Wasser zu einer baldigen gänzlichen Durchwärmung und
hitzung des Wassers im Dampfkessel bei, so wird dieses noch
r bedeutend verstärkt durch die heiße Luft, welche dabei fortwäh-
d aus dem Feuerkasten durch die oben genannten Kupferröhren,
lche im Innern des Kessels überall vom Wasser umgeben sind,
durchströmt und aus dem Schornstein B entweicht.

§. 236.

In o und p sind die beiden Sicherheitsventile, wovon nur das eine in p während der Fahrt den Händen des Wagenlenkers zur Steigerung oder Verminderung der Expansionskraft der Dämpfe überlassen ist, das andere o bleibt gewöhnlich unter einer Kuppel verschlossen, und wird nur am Schlusse einer Fahrt geöffnet, und zum Entfernen aller Dämpfe mit benutzt.

Die Kraft des Dampfes wird zum Treiben zweier Dampfpumpen verbraucht (§. 226.), welche in neuester Zeit gewöhnlich unter dem Rauchfange in horizontaler Lage liegen, und ganz von dem Mantel des Kessels eingeschlossen sind, um sie, wie es die beabsichtigte hohe Spannkraft der Dämpfe erfordert, fortwährend in einer gleichmäßig höheren Temperatur erhalten zu können, welches bei den Lokomotiven, deren Cylinder der freien Atmosphäre ausgesetzt sind, sich nicht so leicht erreichen läßt.

Die Röhre, welche den Dampf oben aus dem Kessel hinab zu den Dampfkammern (§. 225.) der Cylinder führt, kann auch vermittelst eines Hahns (§. 225.) geöffnet und geschlossen werden; indeß lassen sich diese Bewegungen hier nicht, wie dort, von der Maschine selbst durch einen Regulator bewerkstelligen, sondern sie müssen der Hand des Maschinenwärters anvertraut werden. Das Oeffnen und Schließen des sogenannten Regulatorventils oder des Dampfrohrhahns wird ganz einfach, mit Hülfe eines einarmigen Hebels c und damit verbundenen Gestänges, bewirkt, welcher Hebel oben an der Rückwand des Kessels A in der bequemsten Nähe des Maschinenwärters seinen Platz hat; zuweilen wird statt des Hebels auch Kurbel und Rad gebraucht.

§. 237.

Aus dem Dampfrohr tritt der Dampf in die beiden Dampfkammern durch die darin befindlichen Schieberventile (§. 225.), dessen Stangen, und mithin auch sie selbst, auf ähnliche Weise wie die Schubstange (§. 228.) der vorher beschriebenen allgemeinen Dampfmaschine, vermittelst excentrischer Kreisscheiben der hinteren Wagenaxe, in die erforderliche vor und zurückschiebende Bewegung versetzt werden. Diese Schiebestangen sind über die Wagenaxe hinaus bis zu dem Orte des Wagenlenkers verlängert, und stehen hier mit langen schwertartigen Hebeln d, d in Verbindung, an deren Be-

wegung der Gang der Schieberventile, und mithin auch das Zu- oder Abnehmen der Geschwindigkeit der Maschine, erkannt werden kann, während er mit c geregelt wird. Mit Hülfe der Hebel d, d bringt der Maschinenlenker die ersten Bewegungen der Schubstangen und der damit verbundenen Schieberventile hervor (§. 229.), und gibt dadurch dem Dampfe Gelegenheit, abwechselnd auf die Grundflächen des Kolben in den Cylindern zu drücken; und wenn auf diese Weise der Lokomotive der erste Impuls zur Bewegung von der Hand des Wagenlenkers mitgetheilt, so hat dieser zugleich auch die Richtung der Bewegung mit in seiner Gewalt. Der Maschinist kann nach der ersten Bewegung, welche er durch unmittelbares Handanlegen an die beiden Hebel d, d sowohl den Schubstangen und Ventilen, als auch den damit durch excentrische Kreisscheiben verbundenen Wagenaxen mittheilt, über das Vorwärts- oder Zurücklaufen der Maschine entscheiden, welches besonders bei dem Ein- und Ausspannen und Umkehren der Lokomotive von der größten Wichtigkeit ist.

§. 238.

Die Kolbenstangen stehen in ihrer horizontalen Lage unter dem Kessel mit einer Kurbelaxe so in Verbindung, daß sie diese Axe und die damit zu einem festen Ganzen verbundenen Räder E unter gegenseitiger Unterstützung in drehende Bewegung versetzen und erhalten können. Die Kurbelaxe weicht dadurch von einer gewöhnlichen Wagenaxe ab, daß sie in der Mitte an zwei auf einander folgenden Stellen nach entgegengesetzter Seite hin gekrümmt ist, und hier gleichsam die Form eines S annimmt, während die Enden in in der Richtung einer ununterbrochen geraden Axe liegen. In jeder der beiden Biegungen an den von der geraden Linie der Axe am weitesten abgebogenen Orten dreht eine der Kolbenstangen die Axe mit den beiden daran befestigten Rädern herum, wie die Hand des Tischlers den Bohrer in drehende Bewegung versetzt, welchen er zwischen seine Brust und den zu durchbohrenden Gegenstand hält. Die Kolbenstangen besitzen an den mit der Axe verbundenen Enden ein zu der bei der Umdrehung der Kurbel vorkommenden auf und niedergehenden Bewegung passendes Gelenk, welches auf ähnliche Weise, wie in §. 227. das bewegliche Parallelogramm, so geleitet wird, daß die anderen unmittelbar mit den Kolben verbundenen

Enden, ungeachtet jener Bewegung, immer in ein und derſelben Horizontallage liegen bleiben können. — Außer den beiden mit der Kurbelaxe verbundenen Rädern E, welche dem Dampfwagen die Bewegung mittheilen, iſt noch ein anderes Paar Räder F — zuweilen auch wohl noch zwei Paare — unter dem Wagen angebracht, welche aber bei dem Fahren nur als Stützen und Lenker der Lokomotive auf und zwiſchen den Eiſenſchienen der Bahn benutzt werden.

§. 239.

Der in den Cylindern zum Vor- und Zurückſchieben des Kolbens verbrauchte Dampf entweicht vermittelſt einer Röhre in den auch ſtark erwärmten Rauchfang. Er trägt dann — durch ſein ſchnelles Emporſteigen zu den oberen leichteren Regionen der Atmoſphäre — zu einer bedeutenden Verſtärkung des Luftzugs, von dem Feuerkaſten durch die Kupferröhren in den Schornſtein hinein, ſehr weſentlich bei. Eine ſolche Entfernung der Dämpfe iſt ein ſo wichtiger Gewinn, daß davon ſogar die Entſcheidung über die Lebensfrage der Dampfwagen abhing, weil früher, ehe dieſe Einrichtung getroffen war, der frei entweichende Dampf ſich ſchnell in der atmoſphäriſchen Luft abkühlte, in feine kalte Waſſertropfen ſich verwandelte und die Paſſagiere in den angehängten Wagen mit einem fortwährenden höchſt unangenehmen Regenſchauer beläſtigte; und weil die niedrigen Schornſteine, welche bei den Lokomotiven nur in Anwenduug zu bringen ſind, ohne jenes Einſtrömen von verbrauchten Dämpfen keinen erwünſchten Luftzug auf dem Feuerheerde erzeugen wollten, wodurch dann bei nicht ausreichender Hitze der matt brennenden Feuerung ein zu langſamer Gang der Maſchine und ein erſtickender Qualm entſtand; Uebel, die ohnfehlbar noch ſchlimmer, als das zuerſt erwähnte, ſind.

§. 240.

So wie auf der einen Seite die Kurbelaxe die Schubſtangen der Schieberventile in Bewegung ſetzt, eben ſo treibt ſie auf der entgegengeſetzten Seite die Kolbenſtange einer horizontal gelegenen Druckpumpe, wodurch der Keſſel, wie oben (§. 230.) erwähnt, immer wieder mit dem erforderlichen Waſſer verſehen wird. Ein hinter die Lokomotive gehängter Wagen enthält, außer dem zur un-

unterbrochenen Heizung nöthigen Brennmaterials, auch eine Quantität Wasser, welches gewöhnlich in dem hohlen wasserdichten Raume zwischen den Eisenblechwänden dieses Wagens seinen Platz einnimmt, und vermittelst eines vom unteren Boden dieses Wagens ausgehenden wasserdichten Schlauches zu der eben erwähnten Wasserdruckpumpe, unter dem Dampfkessel A, geleitet ist. Die Kommunikation zwischen dem Wasserbehälter im Kohlenwagen und der Druckpumpe an der Lokomotive kann mit Hülfe eines Hahns leicht geschlossen und geöffnet werden, und der Wagenlenker bedient sich des letztern, je nachdem die beiden Probierhähne q, q' einen Ueberfluß oder Mangel des Wassers im Dampfkessel anzeigen.

§. 241.

Das Entladen des Dampfkessels von seinem Inhalte geschieht gewöhnlich durch eine unter dem Wagen im Kessel angebrachte ziemlich weite Oeffnung. Man hört dabei ein lautes, sehr anhaltendes Getöse, welches eine ungefähre Ahnung gibt von der großen Gewalt der im Kessel zusammengehaltenen Dämpfe; sie drängen mit solchem Ungestüm aus jener Oeffnung, daß neben ihnen nur wenig siedendes Wasser mit entweichen kann; dabei ist auch die Hitze des Kessels gemeiniglich noch so groß, daß fortwährend wieder neue und neue Dämpfe erzeugt werden. Hierin liegt der Grund, warum zum Entladen der Dampfmaschine eine auffallend lange Zeit erforderlich wird.

Man pflegt die Kraft der Dämpfe nach Pferdekräften zu messen. Unter einer Pferdekraft versteht man eine solche, die in einer Sekunde 180 Pfund 3 Fuß hoch zu heben im Stande ist. Diese Kraft würde aber auch in einer Minute oder 60 Sekunden, 10800 P. 3 F. hoch, und in eben dieser Zeit 32400 P. einen Fuß hoch heben können; daher pflegt man auch zu sagen, ein ziehendes Pferd kann 33000 P. in 1 M. 1 F. hoch emporheben. Die Expansion der Dämpfe, nach Atmosphären gemessen, gibt in Bezug auf die Weite der Dampfcylinder und auf die Größe und Geschwindigkeit des Kolbenhubes die Kraft der Dampfmaschine in Pfunden, und werden diese unter Berücksichtigung der Zeit nach 33000 Pfunden gemessen, so bestimmt man die Leistung der Maschine nach Pferdekräften.

§. 242.

Auf die Elasticität der luft- und dampfförmigen Materien wollen wir jetzt die der tropfbarflüssigen folgen lassen.

Die Wärme übt auf alle Naturstoffe, besonders aber auf Flüssigkeiten, eine solche Wirkung aus, welche mit den Erscheinungen der Elasticität große Aehnlichkeit besitzt. Denn jede durch Vermehrung der Wärme bewirkte größere Ausdehnung der Flüssigkeit wird durch Wiederwegnahme des Wärmezuwachses wieder vernichtet und umgekehrt. Diese Elasticitätserscheinung kann aber nur einem chemischen Einflusse zugeschrieben werden, den überhaupt die Wärmemateriе auf andere Materien ausübt, und es bliebe mithin die Hauptfrage hierbei noch unbeantwortet, ob nämlich jede tropfbar flüssige Materie durch mechanischen Druck sich in einen kleineren Raum zusammenpressen lasse, und ob dieselbe, wenn der Druck aufhört zu wirken, auch in sich selbst die Kraft besitze, ihren ersten Raum wieder auszufüllen. Ueber diesen Punkt war man in früherer Zeit sehr getheilter Ansicht, und es wurden eine große Menge Untersuchungen und Versuche darüber angestellt, welche zum Theil für, zum Theil auch gegen die Elasticität dieser Flüssigkeiten, besonders des Wassers, entscheiden sollten, aber doch lange Zeit hindurch zu keinem recht befriedigenden Resultate führen wollten. Die Ersten führten als Hauptgründe für ihre Behauptung an, das Apprallen eines unter spitzem Winkel auf's Wasser geworfenen Körpers, das ungewöhnlich rasche und weite Fortpflanzen des Schalles im Wasser*), das fußweite Hervorsprützen des Wassers aus den mit dieser Flüssigkeit überall fest verlötheten Blei-, Zinn-, Silber- und Goldkugeln, sobald diese, nach einer vorhergegangenen starken Zusammenpressung, an irgend einer Stelle eine kleine Oeffnung bekamen, oder absichtlich durchbohrt wurden. Ihre Gegner bemerkten aber nicht ohne Grund, daß, obgleich diese Versuche auf jeden Fall Wirkung

*) Benjamin Fränklin ließ in einer Entfernung von 2 bis 3000 F. unter dem Wasser ein Paar Kieselsteine zusammenschlagen, während er in demselben Flusse den Kopf unter Wasser hielt, und er konnte selbst die schwächsten Schläge, die in der Luft schon einige Schritte weit gar nicht mehr zu hören waren, ganz deutlich vernehmen.

n der Elasticität zeigten, es doch noch ungewiß bliebe, ob die
ihrgenommene Elasticität nicht eigentlich den festen Körpern, wo-
it das Wasser in Berührung komme, oder der in dieser Flüssig-
it abgesperrten Lufttheilchen zuzuschreiben wäre. Andere suchten
gar durch directe Gegenversuche nachzuweisen, daß das Wasser gar
iner Zusammendrückung fähig sei, folglich auch keine Elasticität
sitzen könne. Nollet wählte dazu eine an beiden Enden offene
nke Glasröhre von $\frac{1}{4}$ Zoll Weite im Lichten, welche nach Art
r Barometerröhre so gebogen, daß sie zwei ungleich lange pa-
llele Enden besaß, welche beide ihre Oeffnungen nach Oben hin
hrten. Der kürzere Arm war nur einige Zoll, lang, dagegen be-
ig die Länge des anderen mehr als 7 Fuß, und endigte in Form
ies Trichters. In den unteren gekrümmten Theil dieser Röhre
irde etwas Queckſilber gethan, so daß das Wasser, womit man
rauf die kürzere Röhre anfüllte, keine Kommunikation mehr mit
: anderen Röhre haben konnte. War dann der voll Wasser
üllte kleinere Röhrenarm sorgfältig von Luft gereinigt und zu-
schmolzen (hermetisch verschlossen), so that man in den langen
m nach und nach immer mehr Queckſilber, und beobachtete mit großer
enauigkeit das in dem anderen Ende des Apparats abgesperrte
Wasser, und es ergab sich, daß nicht die geringste Zusammenpres-
ng des Wassers wahrzunehmen sei, obgleich dieses zuletzt einem
rucke von einer 7 Fuß hohen Queckſilbersäule ausgesetzt war.
ieser Druck war freilich schon 3 Atmosphären groß, aber bei weitem
ch nicht groß genug, um das wirkliche Zusammenpressen des Wassers,
e es den berühmten Physikern Perkins und Oerstedt in neue-
r Zeit gelungen ist, ganz außer Zweifel zu stellen, mit bloßen Augen
ahrnehmen zu können. Vor diesen beiden großen Männern, von de-
n Verdiensten um die Naturwissenschaften der folgende Abschnitt
ir eine kleine Probe gibt, hatten schon 1777 bis 79 Abich
id Zimmermann zu Braunschweig Versuche angestellt, welche
ie Compressibilität des Wassers höchst wahrscheinlich machten, ob-
eich dadurch noch nicht jede Bedenklichkeit aufgehoben wurde.

§. 243.

James Perkins zu London war der Erste, dem das Ver-
enst, die Compressibilität des Wassers wirklich bewiesen zu

haben, zu Theil ward. Er wählte dazu ein mit Wasser angefülltes starkes metallenes Gefäß, welches eine einzige feine Oeffnung besaß, die vermittelst eines dicht anschließenden Ventils so verschlossen war, daß das Wasser wohl hinein, aber nicht wieder heraus kommen konnte. Ein solches Gefäß wurde nun, nachdem es ganz mit Wasser angefüllt, und von Luft befreit war, in einem größeren unter Wasser gestellt, und erst in diesem drückte man mit mächtiger Kraft auf die Flüssigkeit, welche ihrerseits die Wände des hineingestellten Apparats von Außen und Innen ganz gleichstark drücken musste. Obgleich nun bei dem unter Wasser gestellten Gefäße während des Druckes keine Veränderung in Hinsicht der Ausdehnung möglich war, so fand man in ihm doch nach einem jeden Versuche eine merkliche Zunahme an Wasser, welches mehrere Fuß hoch emporsprützte, sobald ihm dazu vermittelst eines Hahns Gelegenheit gegeben wurde. Hiernach war daher die Compressibilität und die Elasticität des Wassers vollkommen überzeugend dargethan, und man musste jetzt nur noch darauf bedacht sein, ein Instrument zu erfinden, wonach der Grad der Zusammendrückbarkeit des Wassers — und auch anderer Flüssigkeiten — abgemessen werden konnte. Diese Aufgabe wurde von dem Professor Oerstedt zu Kopenhagen auf eine höchst sinnreiche Weise gelöst.

F. 76. Es gehört zu diesem Instrumente, welches den Namen Piezometer führt, ein starkes, oben und unten in Messing gefasstes Cylinderglas A, von 1 Fuß Höhe und einigen Zoll Weite. Die untere Fassung läuft in einen breiten, schweren Fuß cd aus, und trägt hauptsächlich zum Feststehen der ganzen Vorrichtung bei. Die obere Fassung war nothwendig zum Ein- und Ausschrauben eines Aufsatzes efgh, welcher letztere, auch von Messing gearbeitet, ein sehr sorgfältig ausgebohrter Cylinder von 1 Zoll innerer Weite ist, in dem sich ein luft- und wasserdichtanschließender Kolben i, vermittelst der durch den Boden fg sich hindurchwindende Schraube il, auf und nieder schieben lässt. Der Gebrauch des kleinen Bohrloches mn, welches dieser Aufsatz besitzt, möchte sich wohl am leichtesten aus der nachfolgenden Beschreibung der Anwendung des ganzen Instruments deutlich machen lassen. Die Fassung ab besitzt auf der einen Seite eine Art Schnabel o, welche trichterförmig aus-

ndet, und deren Kommunikation mit dem Inneren von A durch
:n Hahn p geöffnet oder geschlossen werden kann. Der Haupt-
andtheil des Piezometers befindet sich im Inneren des Gefäßes A;
besteht aus einer Metallplatte BB, woran ein thermometerartiges
fernes Fläschen qr befestigt ist, dessen unterer, verhältnißmäßig
ite Theil, von sehr dünnem Material, eine eirunde Gestalt hat,
d wobei der enge lange Hals an dem obersten Ende sich trich-
förmig erweitert etwas über BB erhebt. Zwischen der oberen
ündung q und dem unteren weiteren Raume r ist neben dem
:rall gleichweiten langen Halse des Gefäßes qr eine Skale angebracht,
en Theile sich auf Millionenstel des kubischen Raumes von ganz
beziehen. Dicht neben qr ist auf BB noch ein Manometer
ebracht, zu welchem Instrumente eine nur oben geschlossene, 4
5 Zoll lange und eben so viele Linien weite Glasröhre vw
ört, deren innerer Raum vermittelst einer auf BB angebrachten
ıle in möglichst kleine gleichen Theile getheilt ist. Will man
eben beschriebene Instrument gebrauchen, um die Zusammen-
ckbarkeit des Wassers zu messen, so reinigt man diese Flüssigkeit
:st von der in ihren Poren abgesperrten Luft (§. 46.), schraubt
Aufsatz efgh von A ab, nimmt BB heraus, füllt sowohl A
qr mit jenem Wasser, und bringt in den Trichter q einen
pfen Queckſilber, welcher hier oben liegen bleibt, weil die Enge
unter ihm befindlichen Röhre das tiefere Hinabsinken nicht ge-
tet. Nun wird BB wieder in A hineingestellt, der Aufsatz efgh,
)dem sein Kolben i bis an den oberen Boden fg emporgedrückt
den ist, auf ab geschraubt, und durch den geöffneten Schnabel o noch
viel von dem gereinigten Wasser nachgegeben, bis es aus der
)re mn herausfließt. Ist man mit aller dieser Vorbereitung
ig, so wird p geschlossen, und der Kolben i durch die Schraube
ıllmählig tiefer und tiefer in den Cylinder hinabgetrieben. Die
chen i und der Oberfläche des Wassers in A befindliche Luft
auch das überflüssige Wasser entweicht aus mn, bis auch die
fnung dieser Röhre von dem Kolben i verschlossen ist, und der
ere unmittelbar das Wasser in A berührt, welches nun gar
en Ausweg mehr zum Entweichen behält, und von dem immer
) tiefer hinabgetriebenen Kolben einen stets kleinerwerdenden

Raum einzunehmen gezwungen wird. Wollte man nun auch annehmen, daß sich das Glas A vermöge seiner Elasticität in dem Maße ausdehne, in welchem das darin befindliche Wasser und eindringenden Kolben zusammengedrückt wird, so läßt sich doch von dem Gefäße qr nicht anders erwarten, als daß es bei diesen Experimente ganz unveränderlich seine Größe beibehält, weil es am Innen und Außen ganz gleichen Druck vom gepreßten Wasser zu ertragen hat. — Nun sieht man aber bei dem fortgesetzten tiefen Eindringen des Kolbens in A auch den Queckſilbertropfen m in die darunter befindliche enge Röhre immer mehr und mehr hinabsinken, welches offenbar nicht anders möglich ist, als daß das in qr abgesperrte Wasser dabei in einen kleineren Raum zusammengepreßt wird. Oeffnet man dann den Hahn p, damit das für den kleiner gewordenen Raum überflüssige Wasser in A sich entfernen kann, so erhebt sich das Queckſilber wieder zu seinem anfänglichen Stande in q empor, wodurch auch zugleich die Elasticität des Wassers bestätigt wird. — Die in vw abgesperrte Luft muß bei jenem Zusammenpressen des Wassers in A ebenfalls zusammengepreßt werden, und zwar nach eben dem Verhältniß, in welchem das Wasser stärker gedrückt wird, so daß man aus dem Raume, den die Luft in vw einnimmt, zurückschließen kann auf die Stärke des Druckes, mit welcher der Kolben i auf das Wasser in A drückt. Es ist nämlich ein von Mariotte zuerst nachgewiesenes Gesetz, daß man eine gewisse Quantität Luft mit dem 2, 3, 4fachen atmosphärischen Drucke zusammenpressen muß, um sie in $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$ ihres ursprünglichen Raumes hineinzwängen zu können. Dies Gesetz ist, beiläufig bemerkt, auf Dämpfe, welche dieselbe Temperatur behalten, nicht anwendbar; bei diesen hat man die Erfahrung gemacht, daß ihre Expansion bei Verminderung des Raumes immer dieselbe bleibt, und dabei fortwährend eben so viel Dampf in tropfbares Wasser verwandelt wird, als der Raum abnimmt; die Expansion der Dämpfe nimmt nur bei fortgesetzter Erhöhung der Temperatur zu; so halten Wasserdämpfe von 80^0 R. das Dampfbarometer auf 28 Zoll, von 112^0 R. auf 2 mal 28 Zoll. —

Wurde nun das Wasser in A bei einer Temperatur von 10^0

mit einer Atmosphäre zusammengedrückt, so sank das Quecksilber qr um 48 Millionentheile hinab, und man fand bei dem Drucke von 2, 3, 4 bis 70 Atmosphären, daß auch das Wasser qr um 2, 3, 4 bis 70 mal 48 Millionentheile zusammengepreßt wurde. Hieraus folgt zugleich, wenn dies Gesetz bliebe, und das Wasser bis zur Hälfte seines ursprünglichen Raumes zusammengepreßt werden sollte, daß dazu eine Kraft von mehr als 10000 Atmosphären gehörte. Da nun hiernach ein dreifacher atmosphärischer Druck das Wasser nur um 144 Millionentheile eines Raumes zusammenpreßt, so mußte bei dem im vorhergehenden besprochenen Nollet'schen Versuche das Wasser nur um 144 Millionenstel von 2 Zoll, das ist, kaum um den 3 tausendsten Theil einer Linie, zusammengepreßt werden, eine Länge, welche sich mit dem schärfsten Mikroskope kaum wahrnehmen läßt; hierin liegt zugleich der Beweis, wie wenig jener Versuch dazu geeignet war, über die Compressibilität des Wassers zu entscheiden.

§. 244.

Das Oersted'sche Piezometer ist auch zur Untersuchung der Compressibilität verschiedener anderer Flüssigkeiten gebraucht worden, und man hat z. B. gefunden, daß bei jedem um eine Atmosphäre erhöhten Druck Quecksilber nur um $3\frac{2}{3}$, Alkohol dagegen um 95 und Schwefeläther 131 Millionenstel des Volumens zusammengedrückt wird. — Daß nun diese Flüssigkeiten auch umgekehrt bei jeder Verminderung des Druckes ein Bestreben zur Vergrößerung ihres Volumens haben müssen, läßt sich nicht bezweifeln, obgleich uns hier nur ein sehr geringes Feld zu Versuchen offen steht, da der gewöhnliche Druck, unter dem sich diese Flüssigkeiten befinden, nur eine einzige Atmosphäre groß ist. — Aus allem, was wir bisher gesagt haben, läßt sich übrigens deutlich erkennen, daß die Volumenveränderungen der tropfbaren Flüssigkeiten, durch mechanischen Druck bewerkstelligt, sehr gering sind, so daß sie in den meisten Fällen mit bloßen Augen sich gar nicht wahrnehmen lassen, und den Anschein nimmt, als hätten die Flüssigkeiten ein Bestreben, unveränderlich dasselbe Volumen beizubehalten; hierin liegt der Grund zu dem Namen Volumenelasticität.

Die hydrostatische Presse.

§. 245.

Die tropfbare Flüssigkeit, erkennen wir aus dem vorhergehenden Versuche, widersteht nicht allein mit gewaltiger Kraft einem jeden zusammenpressenden Drucke, sondern sie besitzt auch, vermöge ihrer Elasticität, ein eben so kräftiges als rasches Bestreben, einen solchen Druck nach jeder Richtung hin mitzutheilen und ihm auszuweichen. Diese nützliche Eigenschaft, besonders von dem Wasser, ist schon recht lange zu den Wasserpumpen bei Brunnen und Sprützen benutzt worden; in neuerer Zeit macht man aber noch einen anderen Gebrauch davon, welcher für's praktische Leben ebenfalls von höchster Wichtigkeit ist. Es lassen sich nämlich, mit Hülfe der Elasticität des Wassers, die allerkräftigsten Pressen konstruiren, von denen wir uns nur die berühmteste, von Brahma erfunden, hier merken wollen. Zur besseren Einsicht in die Wirksamkeit dieser Maschine ist es nöthig, nochmals auf den früher (§. 57.) schon behandelten anatomischen Heber zurückzukehren. Wenn nämlich nach den dort
8. angeführten Gründen das Wasser in der langen engen Röhre AB eben so stark unter die über den kurzen, aber viel weiteren Röhrenarm C ausgespannte thierische Blase drückt, als ein vertikaler Wassercylinder Gewicht besitzt, dessen Grundfläche ac und dessen Höhe mit der des Wassers in AB, von ac abgerechnet, gleich ist, — so sieht man leicht ein, wenn der engere Arm AB auch kürzer werden, z. B. nur bis g reichen sollte, daß dann auf ac noch eben die Wirkung davon ausgeübt werde, sobald nur die Oberfläche der bis g emporragenden Wassersäule auf irgend eine andere Weise eben so stark gedrückt wird, als das fehlende Wasser bei der vollständigen Röhre AB auf g gedrückt haben würde. Der Druck auf g von dem darüber befindlichen Wasser ist nun auch eben so groß, als das Gewicht von einem vertikalen Wassercylinder, dessen Grundfläche mit der Querschnittfläche von g und dessen Höhe mit der des Anfangs darüber befindlichen Wassers in AB gleich ist. Nehmen wir daher an, daß das Wasser in der engen Röhre eben so hoch stände, als in der weiten, welche letztere gerade da, wo der Wasserspiegel aufhört, fest verschlossen sein mag, so wird jeder nicht auszuweichende Druck auf die Oberfläche des Wassers

i der engen Röhre eben so vervielfältigt auf die erschließende Oberfläche der anderen wirken, als er oberste Wasserspiegel in dieser ein Vielfaches on dem in der engen Röhre ist. Wäre z. B. der in C rschlossene Wasserspiegel 100 mal so groß, als der eben so hoch Echende in AB, so würden mit 1 P. Druck auf das Wasser in r engen Röhre 100 P. in der weiten bewirkt.

§. 246.

Zu der Brahmaschen hydrostatischen Presse, wie e jetzt am häufigsten im praktischen Leben vorkommt, gehört nun nächst eine in einem Wasserbehälter AA angebrachte Druckpumpe , deren Stempel cb gemeiniglich von dem Räderwerke einer in r Nähe befindlichem Dampf-, Wasser- oder Windmühle auf und ieder bewegt wird. Um bei dieser Bewegung das lästige Umherrützen des Wassers zu vermeiden, so ist der Cylinder dieser Pumpe en nur gerade so weit offen, daß der Kolbenstiel c sich wasserdicht hindurch bewegen kann; auch ist zur Erleichterung der Bewegung bloß ein kurzer oberer Theil des Stiefels B zu dem luft- und asserdichten Anschließen des Kolbens b verengt, und dagegen der ntere Theil desselben geräumig weit, wodurch dann oben zugleich och eine kleine Seitenröhre d nöthig wird, welche das von dem esmal emporgezogenen Kolben mit emporgehobenen Wasser dem ehälter AA wieder zuführen kann. Das Wasser dringt bei dem mporziehen des Kolbens durch das im Boden des Cylinders B anbrachte Kegelventil, welches sich schließt bei dem Niedergange des olbens, und hier dem im Cylinder befindlichen Wasser den Ausng versperrt; dagegen ist aber in e eine Nebenröhre efgl angebracht, wodurch das gepresste Wasser aus B in einen anderen hohlen linder CC hineinfließen kann. Aus diesem eben genannten Belter kann aber das Wasser nicht wieder zurückfließen, weil bei f n Ventil angebracht ist, welches bei dem Hinströmen des Wassers ch CC die Röhre efl öffnet, umgekehrt dieselbe aber fest verschließt, nn dadurch aus CC wieder Wasser nach B hin zu entweichen strebt ist. Der Zweig fg von der zwischen B und CC communienden Röhre efgl mündet nach Oben hin in's Freie; diese Münng ist aber auch mit einem luft- und wasserdicht anliegenden

Die hydrostatische Presse.

§. 245.

Die tropfbare Flüssigkeit, erkennen wir aus dem vorhergehenden Versuche, widersteht nicht allein mit gewaltiger Kraft einem jeden zusammenpressenden Drucke, sondern sie besitzt auch, vermöge ihrer Elasticität, ein eben so kräftiges als rasches Bestreben, einen solchen Druck nach jeder Richtung hin mitzutheilen und ihm auszuweichen. Diese nützliche Eigenschaft, besonders von dem Wasser, ist schon recht lange zu den Wasserpumpen bei Brunnen und Sprützen benutzt worden; in neuerer Zeit macht man aber noch einen anderen Gebrauch davon, welcher für's praktische Leben ebenfalls von höchster Wichtigkeit ist. Es lassen sich nämlich, mit Hülfe der Elasticität des Wassers, die allerkräftigsten Pressen konstruiren, von denen wir uns nur die berühmteste, von Brahma erfunden, hier merken wollen. Zur besseren Einsicht in die Wirksamkeit dieser Maschine ist es nöthig, nochmals auf den früher (§. 57.) schon behandelten anatomischen Heber zurückzukehren. Wenn nämlich nach den dort
F. 8. angeführten Gründen das Wasser in der langen engen Röhre AB eben so stark unter die über den kurzen, aber viel weiteren Röhrenarm C ausgespannte thierische Blase drückt, als ein vertikaler Wassercylinder Gewicht besitzt, dessen Grundfläche ac und dessen Höhe mit der des Wassers in AB, von ac abgerechnet, gleich ist, — so sieht man leicht ein, wenn der engere Arm AB auch kürzer werden, z. B. nur bis g reichen sollte, daß dann auf ac noch eben die Wirkung davon ausgeübt werde, sobald nur die Oberfläche der bis g emporragenden Wassersäule auf irgend eine andere Weise eben so stark gedrückt wird, als das fehlende Wasser bei der vollständigen Röhre AB auf g gedrückt haben würde. Der Druck auf g von dem darüber befindlichen Wasser ist nun auch eben so groß, als das Gewicht von einem vertikalen Wassercylinder, dessen Grundfläche mit der Querschnittfläche von g und dessen Höhe mit der des Anfangs darüber befindlichen Wassers in AB gleich ist. Nehmen wir daher an, daß das Wasser in der engen Röhre eben so hoch stände, als in der weiten, welche letztere gerade da, wo der Wasserspiegel aufhört, fest verschlossen sein mag, so wird jeder nicht auszuweichende Druck auf die Oberfläche des Wassers

n der engen Röhre eben so vervielfältigt auf die erschließende Oberfläche der anderen wirken, als er oberste Wasserspiegel in dieser ein Vielfaches on dem in der engen Röhre ist. Wäre z. B. der in C erschlossene Wasserspiegel 100 mal so groß, als der eben so hoch eichende in AB, so würden mit 1 P. Druck auf das Wasser in er engen Röhre 100 P. in der weiten bewirkt.

§. 246.

Zu der Brahmaschen hydrostatischen Presse, wie ie jetzt am häufigsten im praktischen Leben vorkommt, gehört nun ;unächst eine in einem Wasserbehälter AA angebrachte Druckpumpe B, deren Stempel cb gemeiniglich von dem Räderwerke einer in der Nähe befindlichem Dampf-, Wasser- oder Windmühle auf und ieder bewegt wird. Um bei dieser Bewegung das lästige Umherprützen des Wassers zu vermeiden, so ist der Cylinder dieser Pumpe oben nur gerade so weit offen, daß der Kolbenstiel c sich wasserdicht hindurch bewegen kann; auch ist zur Erleichterung der Bewegung bloß ein kurzer oberer Theil des Stiefels B zu dem luft- und wasserdichten Anschließen des Kolbens b verengt, und dagegen der untere Theil desselben geräumig weit, wodurch dann oben zugleich noch eine kleine Seitenröhre d nöthig wird, welche das von dem jedesmal emporgezogenen Kolben mit emporgehobenen Wasser dem Behälter AA wieder zuführen kann. Das Wasser dringt bei dem Emporziehen des Kolbens durch das im Boden des Cylinders B angebrachte Kegelventil, welches sich schließt bei dem Niedergange des Kolbens, und hier dem im Cylinder befindlichen Wasser den Ausgang versperrt; dagegen ist aber in e eine Nebenröhre efgl angebracht, wodurch das gepresste Wasser aus B in einen anderen hohlen Cylinder CC hineinfließen kann. Aus diesem eben genannten Behälter kann aber das Wasser nicht wieder zurückfließen, weil bei f ein Ventil angebracht ist, welches bei dem Hinströmen des Wassers durch CC die Röhre efl öffnet, umgekehrt dieselbe aber fest verschließt, indem dadurch aus CC wieder Wasser nach B hin zu entweichen getrebt ist. Der Zweig fg von der zwischen B und CC communicirenden Röhre efgl mündet nach Oben hin in's Freie; diese Mündung ist aber auch mit einem luft- und wasserdicht anliegenden

mehr eine geschwinde, als eine sehr genaue Krafts- oder Gewichtbestimmung beabsichtigt wird.

§. 252.

Der Kraftmesser (Dynamometer) wird zum Messen großer Kräfte, wie sie z. B. bei den angestrengten körperlichen Arbeiten der Menschen und Thiere vorkommen, gebraucht. Er besteht, seinem wesentlichsten Bestandtheile nach, aus einem starken federharten Stahlringe a b c d von ovaler Form, welcher an seinem äußeren Umfange zwei Paar Handgriffe als Angriffspunkte der zu messenden Kräfte besitzt. Das eine Paar in a, c liegt in den Endpunkten des größten Durchmessers des Ringes, und die an diesen beiden Punkten nach Außen hin wirkenden Kräfte würden den Ring an den Stellen b und d mehr zu einer geraden, und an den beiden Stellen a und c zu einer stärker gekrümmten Linie zu biegen bestrebt sein, wobei die beiden Hälften a b c, a d c des Ringes sich um so mehr näheren werden, je mehr sie gerade gebogen sind, oder je stärker die in a und c auseinander ziehenden Kräfte wirken. Das andere Paar Handgriffe in b, d befindet sich an den Endpunkten des kleinsten Durchmessers des Ringes, und die hier auseinanderziehend wirkenden Kräfte biegen den bei b und d mehr aus der geraden, und bei a und c mehr aus der gekrümmten Lage gebrachter Ring so, daß bei einem Wachsen den Kräfte ein stärkeres Auseinandergehen der Theile a b c, a d c erfolgen muß.

Unmittelbare Versuche lehren nun, daß die auseinanderziehenden Kräfte in a und c größer sein müssen, als die in b und d, um im ersten Falle ein eben so starkes Annäheren der Punkte b, d zu bewirken, wie im anderen Falle ein Entfernen derselben erreicht werden kann. Eine solche Wahrnehmung beruhet auf überzeugenden Gründen, welche sich in ihrer wissenschaftlichen Schärfe freilich erst in dem Gebiete der höheren Mechanik genau verstehen lassen, die aber hier nur auf den einfachen und ziemlich allgemeinen bekannten Erfahrungssatz gestützt werden kann, — daß ein in der Mitte erfasster elastischer Stab, der mit seinen beiden Enden gleichweit überstehend sich vor der Oeffnung eines festen Körpers befindet, in eben dem Maße mit geringerer oder größerer Kraft, als die Oeffnung weit oder eng ist, sich durch diese Oeffnung hindurch biegen und

ziehen lasse. Wird daher der Ring abcd in b und d auseinander gezogen, so kann man sich vorstellen, als sei derselbe aus zwei elastischen Stäben abc, adc zusammengesetzt, die in ihrer Mitte b, d erfasst und durch eine Oeffnung gebogen und gezogen werden sollten, deren Weite etwas kleiner als der größte Durchmesser ac, aber doch immer noch merklich größer als der kleinste Durchmesser bd, wäre. Sind dagegen die auf gleiche Weise wirkenden Kräfte in a, c angebracht, so denken wir uns den Ring aus den beiden gleichen Stäben bad, bcd zusammengesetzt, welche mit den vorigen beiden abc, adc gleiche Länge und gleiche Elasticität besitzen, und ebenfalls auch in ihrer Mitte a und c erfasst sind, die dann aber durch eine Oeffnung gebogen und gezogen werden sollen, deren Weite noch kleiner wäre, als der kleinste Durchmesser bd des ovalen Ringes. In einer solchen, von der Erfahrung veranlassten und bestätigten Vorstellung liegt der Grund, warum man die zu messenden größeren Kräfte in a, c und die kleineren in b, d thätig sein lässt.

Jetzt wäre nur noch die Vorrichtung zu erklären, wodurch die zu messenden Kräfte auf bestimmte Zahlen gebracht werden können. Quer durch die kleinste Weite des Ringes stehen mit den Handgriffen b und d zwei Schienen ef, gh in Verbindung, welche sich ohne große Reibung in einander, oder aus einander schieben und ziehen lassen, je nachdem die Punkte b, d des Ringes einander genähert, oder von einander entfernt werden. Auf gh in der Mitte zwischen b, d befindet sich ein fester Stift, um den sich eine Rolle i leicht drehen lässt. Um diese Rolle ist eine Darmsaite min geschlungen, welche mit dem einen Ende m unmittelbar an der Schiene ef, und mit dem anderen Ende n erst vermittelst einer kleinen Stahlfeder on daran befestigt ist, so daß sie immer in Spannung erhalten wird, wodurch zugleich ein Drehen der Rolle i bewirkt werden kann. Ein Zeiger kl ist auf einem Zapfen der Rolle i befestigt, so daß er sich, ähnlich wie bei dem Zeiger einer Uhr, mit der Rolle gleichzeitig bewegen, aber auch zugleich, wie es bei dem Stellen der Vorrichtung oft nöthig wird, für sich allein gedrehet werden kann. Die Spitze l des Zeigers lk ruhet bei der Bewegung auf einem an gh befestigten Gradbogen, dessen Mittel-

punkt mit dem der Rolle zusammenfällt. Sind nun in a, c oder in b, d auseinanderziehende Kräfte thätig, so sieht man leicht, daß sich der Zeiger im ersten Falle nach q h p und im andern umgekehrt nach p h q bewegen müsse.

Die Eintheilung auf dem Gradbogen geschieht nach unmittelbaren Versuchen, die mit den der Größe nach bekannten Kräften, z. B. mit angehängten Gewichtsstücken, angestellt werden. — Um nun von dem Gebrauche dieser Maschine eine Vorstellung zu bekommen, so muß man sich denken, daß der Griff a z. B. an einer Wagendeichsel befestigt ist, während in c ein angespanntes Pferd zieht; oder, daß d über einen am Fußboden befestigten starken Haken gehängt ist, während am anderen Hangriffe b ein Mensch mit der ihm möglichen größten Kraft emporzieht. — Ein solches Instrument findet auch seine nützliche Anwendung bei dem Abmessen der Kraft der Dampf- und anderen Maschinen, bei dem Abwägen großer Körpermassen, wie z. B. roher oder behauener Steine, welche auf Wagen oder Schiffen transportirt werden sollen.

§. 253.

Zu der schnellen Gewichtsbestimmung kleiner Körpermassen gehören die Federwagen, wovon die eine Art in etwas verkleinertem Maßstabe — und bei einiger leicht und unmittelbarer Anschauung zu erklärenden Abänderung der Schienen und Zeigerbewegung — mit der Hälfte b a d des eben beschriebenen Kraftmessers übereinstimmt. Die andere Art besteht aus einer in einem hohlen Cylinder eingeschlossenen, schraubenförmig gewundenen, elastischen Stahlfeder (§. 233.), wobei aus dem Grade ihrer Zusammendrückung, welche in den einzelnen Schraubenwindungen ebenfalls wieder von einer Zunahme der Biegung und Krümmung des Drahtes abhängt, auf die Größe des Gewichtes geschlossen wird.

§. 254.

Es gibt verschiedene Mittel zur Verstärkung der Elasticität der Metalle; die gebräuchlichsten hiervon sind das kalte Hämmern, das plötzliche Ablöschen in kaltem Wasser nach einem vorhergegangenen starken Durchglühen, das Versetzen mit anderen Metallen oder Halbmetallen, wodurch z. B. aus Kupfer, Zinn und Zink, die sogenannte Glockenspeise, erhalten wird. Man erkennt hieraus

on, daß bei allen diesen Verfahrungsarten eine erhöhete Span= ng in dem Zusammenhange der Materie beabsichtigt wird.

§. 255.

Die leichte Zerbrechlichkeit des Glases ist so hervorragend und allgemein bekannt, daß man sie sogar zur Bezeichnung des höchsten rades und zum Maßstabe dieser Eigenschaft bei anderen Materien benutzen pflegt. Aber obgleich der innere Zusammenhang des lases in vieler Hinsicht außerordentlich gering ist — wie wir uns rvon bei den Springkolben und Glasthränen (§. 103) überzeugt ben — so gering, daß Wein= und Biergläser von dem bloßen esange einer kräftigen Mannsstimme zertrümmert werden können, gibt es doch Fälle, wo man dieser Materie einen sehr hohen rad von Elasticität nicht streitig machen kann. Das geschmolzene las lässt sich zu Fäden spinnen, welche kaum die Dicke eines enschenhaares besitzen, und die abgekühlt sich wie dieses biegen d flechten lassen, ohne zu zerbrechen; dabei besitzen sie aber einen l höheren Grad der Elasticität als das Haar; dieses lässt sich ht deutlich an den Glasquästen wahrnehmen, welchen die Gestalt n Haar= oder Federbüschen gegeben worden ist.

In anderer Art gibt auch die sogenannte Glastrompete en recht überraschenden Beweis von der starken Elasticität des ases. Es ist dieses Instrument eine langhalsige Flasche abc mit F. 79. em verhältnißmäßig sehr breiten, aber ganz dünnen ebenen Boden

Verdichtet man durch Hineinblasen die Luft in dieser Flasche, sieht man den Boden derselben in einer starken Wölbung aus er ebenen Lage heraustreten; sobald man aber c wieder öffnet, springt der Boden in seine alte Lage zurück. Durch ein Heraus= en der Luft wird der Boden nach Innen gebogen, aber auch diesem Falle fährt er mit elastischer Kraft in seine ebene Lage ück, sobald die Oeffnung c wieder frei wird.

§. 256.

Unter den runden Körpern besitzen die Elfenbeinkugeln die kommenste Elasticität, und da sie in dieser Hinsicht zu sehr vielen hrenden und unterhaltenden Versuchen die Veranlassung gegeben en, so dürfen sie auch hier nicht mit Stillschweigen übergangen den. Es muß zunächst durch einen Versuch dargethan werden,

daß eine solche Kugel, wenn sie in Bewegung gesetzt ist, und auf ihrer Bahn mit einem festen Körper zusammentrifft, an der Berührungsstelle eine Zusammendrückung erleidet, und daß dieses Zusammendrücken im Vergleich der Zu- oder Abnahme der Geschwindigkeit, mit welcher die Kugel bewegt wird, selbst zu oder abnimmt. Man wählt dazu eine Marmorplatte, wobei die eine, sehr eben geschliffene Fläche mit Lampenruß geschwärzt und in eine feste horizontale Lage gebracht worden ist. Berührt man nun diese Platte ganz leise mit der Elfenbeinkugel, so zeigt sich an dieser nur ein kleiner schwarzer Fleck; bringt man aber die Kugel einige Fuß über die Platte, und läßt sie von dort aus auf diese hinabfallen, so zeigt sich an dem Orte der Berührung schon eine ziemlich große schwarze Scheibe, die aber merklich an Größe gewinnt, wenn man bei dem Versuche noch größere Fallhöhen wählt. Da nun aus der Erfahrung als bekannt vorauszusetzen, daß Marmor viel weniger einer Zusammendrückung fähig ist als Elfenbein, und daß die Endgeschwindigkeiten freifallender Körper bei vergrößerter Fallhöhe bedeutend vergrößert wird, so sind wir von der Richtigkeit des vorhin erwähnten Naturgesetzes überzeugt.

§. 257.

An zwei gleichhohen Punkten a, b sind ein Paar ganz gleiche Elfenbeinkugeln A, B an gleichen Fäden so aufgehängt, daß sie
F. 80. mit ihren Mittelpunkten in derselben Horizontalebene liegen und sich, ohne einander zu drücken, berühren. Läßt man nun die eine A ruhen, während die andere B unter steter Spannung des Fadens bB in eine höhere Lage B′ gebracht und von hieraus sich selbst überlassen wird, so fällt diese Kugel wie ein Pendel mit zunehmender Geschwindigkeit bis zu ihrer anfänglichen Lage wieder zurück, und sie würde, wenn sie hier kein Hinderniß anträfe, mit abnehmender Geschwindigkeit wieder eben so hoch nach der entgegengesetzten Seite emporsteigen, wie sie von B′ herabgekommen ist. Nun sieht man aber, daß in dem Augenblicke wo sie mit A zusammentrifft, ein Vertauschen der Zustände in beiden Kugeln Statt findet; es bleibt nämlich B in Ruhe, und A wird eben so hoch emporgeschwungen,

wie B ohne Hinderniß hätte steigen können. Die Erklärung dieses überraschenden Phänomens beruhet hauptsächlich in der Wirkung der Elasticität. Denn nehmen wir zunächst an, daß A und B völlig unelastisch und hart sind, so würde die Kraft, mit welcher B in ihrer tiefsten Lage zur Fortsetzung der Bewegung getrieben wird, auch A noch mit bewegen müssen, daher muß sie sich theilen und jeder der beiden gleichen Kugeln die Hälfte ihrer ganzen Größe zu Theil werden lassen, damit sie mit gemeinschaftlicher Geschwindigkeit sich weiter fortbewegen können. Dadurch verlöre nun B schon die Hälfte ihrer bewegenden Kraft, und dieser Verlust in der einen Richtung lässt sich nicht anders erklären, als durch ein Einwirken einer dem Verluste entsprechenden entgegengesetzten Kraft. Folglich wird B in dem Augenblicke und an dem Orte des Zusammentreffens mit A von zwei gleichen aber entgegengesetzten Kräften zusammengepresst. Die Wirkung hiervon bezöge sich bloß auf die Festigkeit der Kugel B, so lange wir diese uns noch unelastisch und vollkommen hart denken, und es entstände weiter keine Bewegung in B. Stellen wir uns nun aber B als vollkommen elastisch vor, so ist, nachdem beide Kugeln sich in der bewegenden Kraft getheilt haben, die erste Wirkung der beiden eben erwähnten, in B sich entgegenarbeitenden Kräfte ein wirkliches Zusammendrücken der Kugel B an der Berührungsstelle mit A, und die nächste unmittelbare Folge wird sein ein eben so kräftiges Zurückspringen der Materie in ihre ursprüngliche Kugelgestalt. Diese auseinandertreibende elastische Kraft in B wirkt nach der einen Seite fortstoßend auf die schon in Bewegung begriffene Kugel A und nach der anderen Seite zurückdrängend auf B selbst, woraus also folgt, daß nun A mit aller in B vorhandenenen Kraft emporgeschleudert wird, dagegen B alle Kraft zur Bewegung verlieren und mithin in Ruhe verharren muß. Denkt man sich jetzt nur noch die beiden in A übergehenden Kräfte, welche zusammen der von B mitgebrachten gleich sind, so rasch auf einander folgend, daß die dazwischen liegende Zeit in einen einzigen Moment zusammenfällt, so ist das Phänomen, seinen Hauptzügen nach, erklärt. Will man sich von der Richtigkeit der ersten Bewegung der Kugeln vor dem Einfluß der Elasticität überzeugen, so muß man den Versuch mit an der

Luft getrockneten und abgedrechselten Thonkugeln anstellen, welche ziemlich für ganz unelastisch angesehen werden können.

§. 258.

Wir denken uns die eben besprochenen Elfenbeinkugeln wieder in ihrer anfänglichen Lage ruhig neben einander hängend. Werden sie dann beide in derselben Vertikalebene in der sie aufgehängt sind, nach entgegengesetzter Seite zu gleichen Höhen emporgehoben und unter gleichmäßiger Anspannung der Fäden gleichzeitig wieder losgelassen, so treffen sie in dem tiefsten Punkte ihrer Bahn zusammen, und stoßen sich unmittelbar darauf zu den beiden so eben verlassenen Höhen wieder zurück. Im Augenblicke des Zusammentreffens werden nämlich beide Kugeln von gleichen, aber entgegengesetzt auf einander wirkenden Kräften zur Bewegung angetrieben; wären daher die Kugeln vollkommen unelastisch, so müssten sie von diesen gleichen, aber entgegengesetzten Kräften in völliger Ruhe erhalten werden; setzen wir aber, wie dies bei den Elfenbeinkugeln beinahe möglich ist, daß die Kugeln vollkommen elastisch sind, so müssen beide an der Stelle der Berührung so lange gleichstark zusammengedrückt werden, bis in jeder die vorwärtstreibende Kraft gänzlich aufgehoben ist, worauf dann die Elasticität der beiden Kugeln mit derselben Kraft, womit diese zusammengepresst worden sind, bestrebt ist, die wahre Kugelgestalt wieder herzustellen, welches nicht anders ausgeführt werden kann, als daß jede von den Kugeln die im Wege liegende andere mit der eben erwähnten Kraft der Elasticität zurückstößt.

Erhebt man beide Kugeln gleich anfangs zu verschiedenen Höhen, so sieht man leicht, daß sie sich, unter übrigens gleichen Umständen, ungleich abstoßen müssen; aber es überrascht bei dem ersten Anblick dieses Versuches ungemein, daß die rückgängige Bewegung jeder Kugel nicht mit der entgegengesetzten eignen, sondern mit der in eben dieser Richtung eintreffenden fremden Geschwindigkeit zurückgeschleudert wird, und daher die am niedrigsten herabfallende nach dem Zusammentreffen am höchsten wieder emporgestoßen wird. Um die hierzu passende Erklärung mit Hülfe eines bestimmten Beispiels recht anschaulich machen zu können, so sei die Kugel B 5 Zoll und A 3 Zoll über ihre anfängliche ruhige

ie erhoben worden. Bei gleichzeitigem Falle bringt also B eine
egende Kraft für 5 Zoll Höhe und A eine entgegengesetzte für
Zoll Höhe zum Stoß. Abgesehen von aller Elasticität, wird
n eine bewegende Kraft übrig bleiben, welche die erste Kugel,
ız allein gedacht, in der Richtung von B nach A 2 Zoll empor
heben im Stande wäre, während A in Ruhe käme; da nun
r die übrige Kraft auch die im Wege liegende eben so große
gel A mit fortbewegen muß, so werden beide Kugeln in der
n bezeichneten Richtung mit einer gemeinschaftlichen Kraft für 1 Zoll
he emporbewegt. Jetzt müssen wir aber hinzudenken, daß beide
geln im Augenblicke des Zusammentreffens und weiteren Fort-
ıegens an den Ort ihrer Berührung mit einer Kraft für 4 Zoll
he eingedrückt worden sind; daher werden die zusammengedrückten
ile vermöge ihrer Elasticität mit eben dieser Kraft wieder aus-
ınderfahren, und es empfängt also A in der Richtung, worin
schon für 1 Zoll Höhe eine bewegende Kraft bekommen hat,
) einen Zuwachs von einer neuen Kraft für 4 Zoll Höhe,
lich erhält sie eine emportreibende Kraft für 5 Zoll Höhe; aber
) B bekommt durch die Wirkung der Elasticität nach entgegen-
gter Richtung, in der sie mit einer Kraft für 1 Zoll Höhe
fortzubewegen bestrebt war, einen Stoß mit einer Kraft für
oll Höhe; daher behält diese Kugel eine rückgängige bewegende
ft für 3 Zoll Höhe.

§. 259.

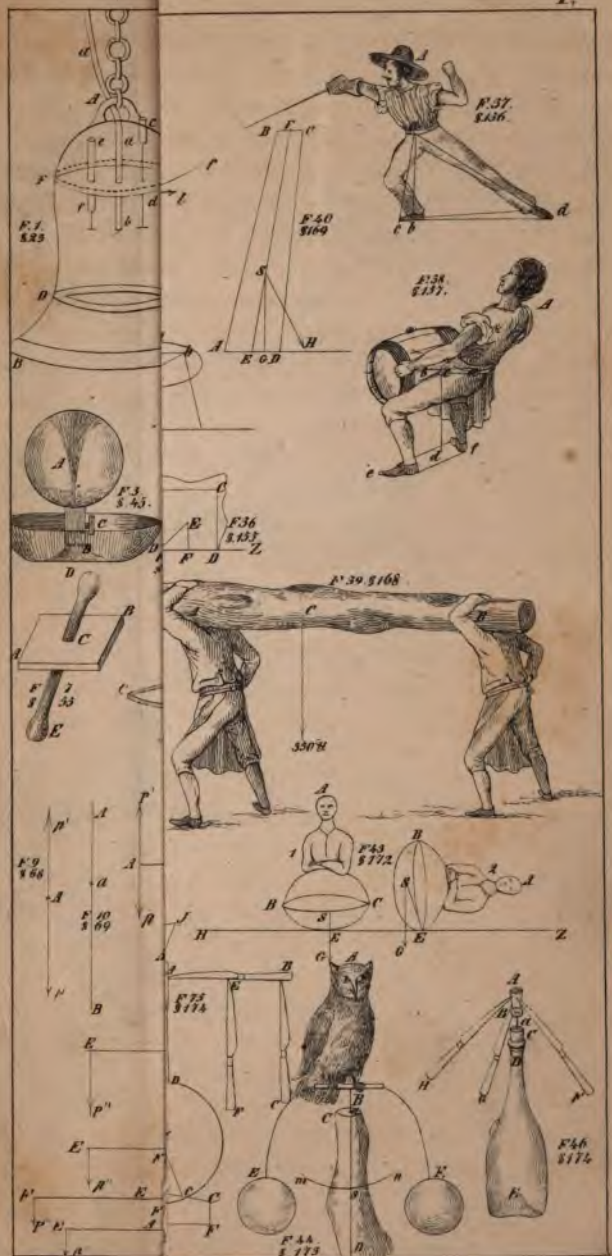
Jetzt gehen wir zu den Versuchen über, bei denen mehr als
i Kugeln in Anwendung kommen. Es wird zu dem Ende eine
ebige Anzahl ganz gleicher Elfenbeinkugeln A, B, C, D, E, F
derselben Höhe an gleichen Schnüren in einem besonders dazu
struirten Gestelle, welches den Namen Percussionsmaschine
rt, so aufgehängt, daß sie sich, ohne einander zu drücken, be-
ren, während ihre Mittelpunkte in einer einzigen horizontalen
ie liegen. Hebt man nun eine von den beiden Schlußkugeln,
B. F, zu irgend einer Höhe, welche aber aus leicht zu erklä-
den Gründen den oberen Anknüpfspunkt der zugehörigen
hnur nicht übersteigen darf, und überläßt sie dann sich selbst,
hdem ihr Mittelpunkt mit denen der anderen Kugeln genau in

dieſelbe Vertikalebene gebracht und ihre Schnur gehörig geſpannt worden iſt, — ſo fällt ſie auf die Kugelreihe, ſtößt von dieſer nur eine einzige und zwar die entgegengeſetzte Schlußkugel ab, und verbleibt mit den übrigen in Ruhe. Die Sache erklärt ſich ſo: Wenn F mit der Kugelreihe zuſammentrifft, ſo kommt ſie ſelbſt in Ruhe (§. 258.), während ſie ihre erlangte bewegende Kraft der Kugel E mittheilt, welche dieſelbe aber in Anwendung zu bringen durch die folgende Kugel D behindert wird, daher theilt ſie auf eben die Weiſe die übernommene bewegende Kraft der Nachbarkugel D mit, wie ſie dieſelbe von F empfangen hat. So geht die bewegende Kraft auch noch durch C und B bis ſie an A kommt, welche, da ſie keine im Wege liegende Nachbarin mehr beſitzt, der Einwirkung der Kraft Folge leiſten muß. Die Mittheilung der bewegenden Kraft geht außerordentlich raſch vor ſich; indeß wird bei einer etwas langen Kugelreihe doch ſchon eine bemerkbare Zeit zwiſchen dem Anſchlagen der erſten Kugel und dem Abſpringen der letzten wahrzunehmen ſein.

§. 260.

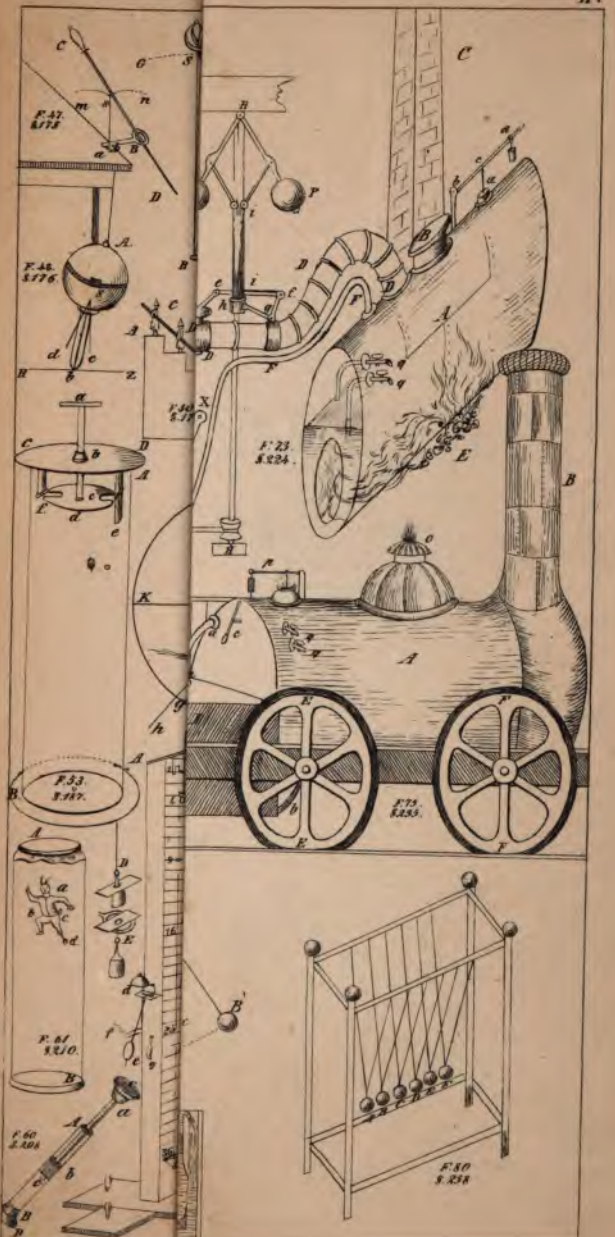
Nimmt man 2, 3, 4, 5 benachbarte Kugeln — wie F, E oder F, E, D, oder F, E, D, C, oder F, E, D, C, B von der einen Seite der ruhig neben einander hängenden Kugelreihe, hebt dieſelben unter gleichmäßiger Spannung und ungeſtörter Nachbarſchaft eben ſo, wie vorhin (§. 259.), die eine F zu irgend einer Höhe empor, und überläſſt ſie dann ſich ſelbſt, damit ſie von ihrer eignen Schwere getrieben, mit den unten zurückgebliebenen A, B, C, D, oder A, B, C, oder A, B, oder A zuſammenſtoßen können, ſo ſieht man an dem entgegengeſetzten Ende 2, 3, 4, 5 benachbarte Kugeln A, B, oder A, B, C, oder A, B, C, D, oder A, B, C, D, E von der ganzen Kugelreihe ſich ablöſen und in nachbarlicher Nähe zu einer gleichen Höhe emporſteigen, von welcher kurz zuvor eine gleiche Anzahl auf der anderen Seite herabgefallen iſt, und die übrigen C, D, E, F, oder D, E, F, oder E, F, oder F bleiben in Ruhe. — Treffen die beiden emporgehobenen Kugeln F, E mit den zurückgebliebenen ruhenden Kugeln A, B, C, D zuſammen, ſo wird die voraufgehende E, allein gedacht, die Kugel A mit der durch die Kugelreihe D, C, B mitgetheilten Kraft abſtoßen und

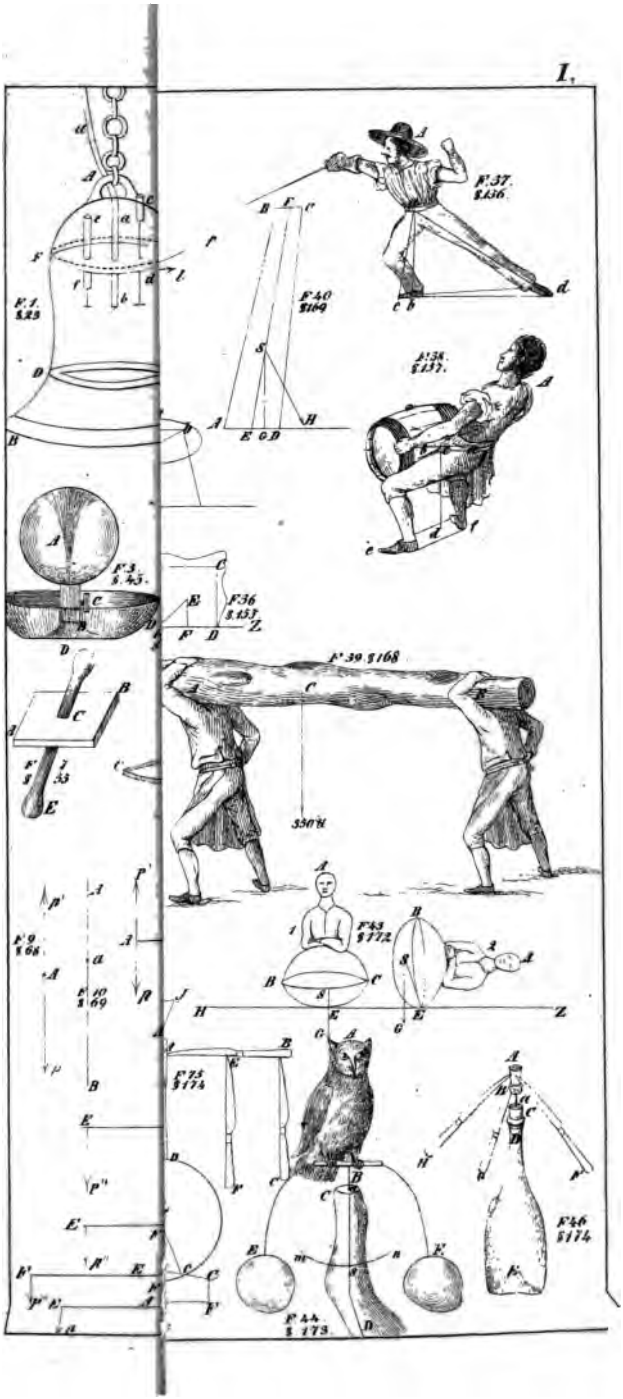
n ſelbſt in Ruhe verbleiben (§. 259.) wollen; hiervon wird ſie
erſt noch durch den unmittelbar darauf folgenden, ſtärkeren
ß der nachbarlich nachfolgenden F verhindert, welchen Stoß ſie
h die Kugelreihe E, D, C bis B mitzutheilen genöthigt iſt;
urch ſpringt auf der anderen Seite auch noch die zweite Kugel
ıb, und da dieſelbe nun mit ſtärkerer Kraft als A emporgetrieben
), ſo holt ſie dieſe letztere wieder ein, und theilt ihr zu dem
n vorhin erhaltenen noch einen zweiten Stoß mit, und beide
auſchen die ſie bewegenden Kräfte. — Hat man nun den
ſuch mit zwei Kugeln deutlich verſtanden, ſo fällt es nicht
er, die nöthige Erklärung auch auf die Verſuche mit mehr als
Kugeln auszudehnen.


F. 1. §. 23
F. 37. §. 136.
F. 40 §. 169
F. 38. §. 137.
F. 3. §. 45.
F. 36 §. 137
F. 39 §. 168
330 lb
F. 43 §. 172
F. 9 §. 66
F. 10 §. 69
F. 45 §. 174
F. 46 §. 174
F. 44 §. 173

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY

ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS




F. 1. §. 23
F. 37. §. 136.
F. 40 §. 169
F. 38. §. 137.
F. 3. §. 45.
F. 36 §. 137
F. 39 §. 168
F. 9 §. 68.
F. 20 §. 69
F. 43 §. 172
F. 75 §. 174
F. 44. §. 173
F. 46 §. 174